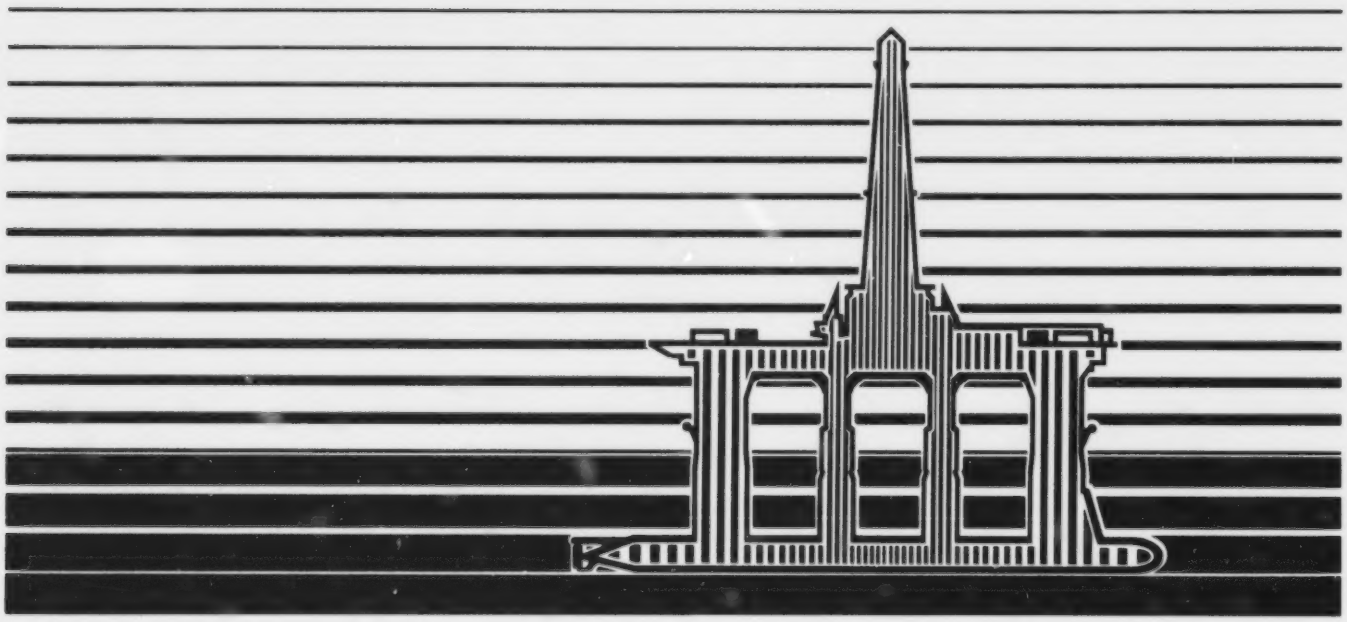
Royal Commission on the
Ocean Ranger Marine Disaster

Canada

Commission Royale sur le
Désastre Marin de l'*Ocean Ranger*

Newfoundland & Labrador



Deuxième rapport: La sécurité au large de la côte est du Canada. *Études et séminaires*

La Commission royale sur le désastre marin de l'*Ocean Ranger* a été créée et subventionnée conjointement par les gouvernements du Canada et de Terre-Neuve

Deuxième rapport: La sécurité au large de la côte est du Canada. ***Études et séminaires***

Deuxième rapport: La sécurité au large de la côte est du Canada. ***Études et séminaires***

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1985

En vente au Canada par l'entremise de nos

agents libraires agréés
et autres librairies

ou par la poste auprès du:

Centre d'édition du gouvernement du Canada
Approvisionnements et Services Canada
Ottawa, (Canada) K1A 0S9

N° de catalogue Z 1-1982/1-3F — au Canada: $16.75
ISBN 0-660-91466-2 — à l'étranger: $20.10

Prix sujet à changement sans préavis

Les deux rapports de la Commission royale sur le désastre marin de l'*Ocean Ranger* se composent des quatre volumes suivants:

Volume 1 **Rapport premier: La perte de l'installation de forage semi-submersible *Ocean Ranger* et de son équipage**

Volume 2 **Deuxième rapport: La sécurité au large de la côte est du Canada**

Volume 3 **Deuxième rapport: La sécurité au large de la côte est du Canada. *Études et ateliers***

Volume 4 **Deuxième rapport: La sécurité au large de la côte est du Canada. *Actes de la Conférence, 1984***

TABLE DES MATIÈRES

	AVANT-PROPOS	i
CHAPITRE UN	INTRODUCTION	
	Les risques inhérents au forage offshore	3
	Séminaire: L'analyse des risques	11
CHAPITRE DEUX	ENVIRONNEMENT	
	Systèmes de gestion des glaces	15
	Climatologie maritime	27
	Services de prévisions météorologiques	35
	Climatologie des vagues	41
	Informations océanographiques	51
	Données sur les fonds marins	59
	Séminaire: L'environnement	63
CHAPITRE TROIS	CONCEPTION	
	Évolution de la conception des unités mobiles de forage en mer	69
	Continuité de la conception à l'exploitation	77
	Conception des plates-formes auto-élévatrices	87
	Séminaire: Les essais sur modèles	93
CHAPITRE QUATRE	GESTION DE LA SÉCURITÉ	
	Gestion de la sécurité de l'industrie	97
	Hiérarchie de commandement	101
	Communications	105
	Séminaire: La gestion de la sécurité	108
CHAPITRE CINQ	FORMATION	
	Formation relative au milieu marin et à la sécurité	113
	Séminaire: La formation offshore	123

CHAPITRE SIX

SANTÉ

Santé et sécurité au travail 129

Séminaire: La santé au travail 139

CHAPITRE SEPT

ÉVACUATION ET SURVIE

Moyens d'évacuation et de survie 145

CHAPITRE HUIT

SAUVETAGE

Opérations de recherche et sauvetage 157

CHAPITRE NEUF

RÉGLEMENTATION

Réglementation de l'industrie de forage en mer 173

Gestion de la réglementation canadienne 185

APPENDICES

Participants aux séminaires:

A. L'analyse des risques 195

B. L'environnement 197

C. Les essais sur modèles 201

D. La gestion de la sécurité 203

E. La formation offshore 205

F. La santé au travail 207

AVANT-PROPOS

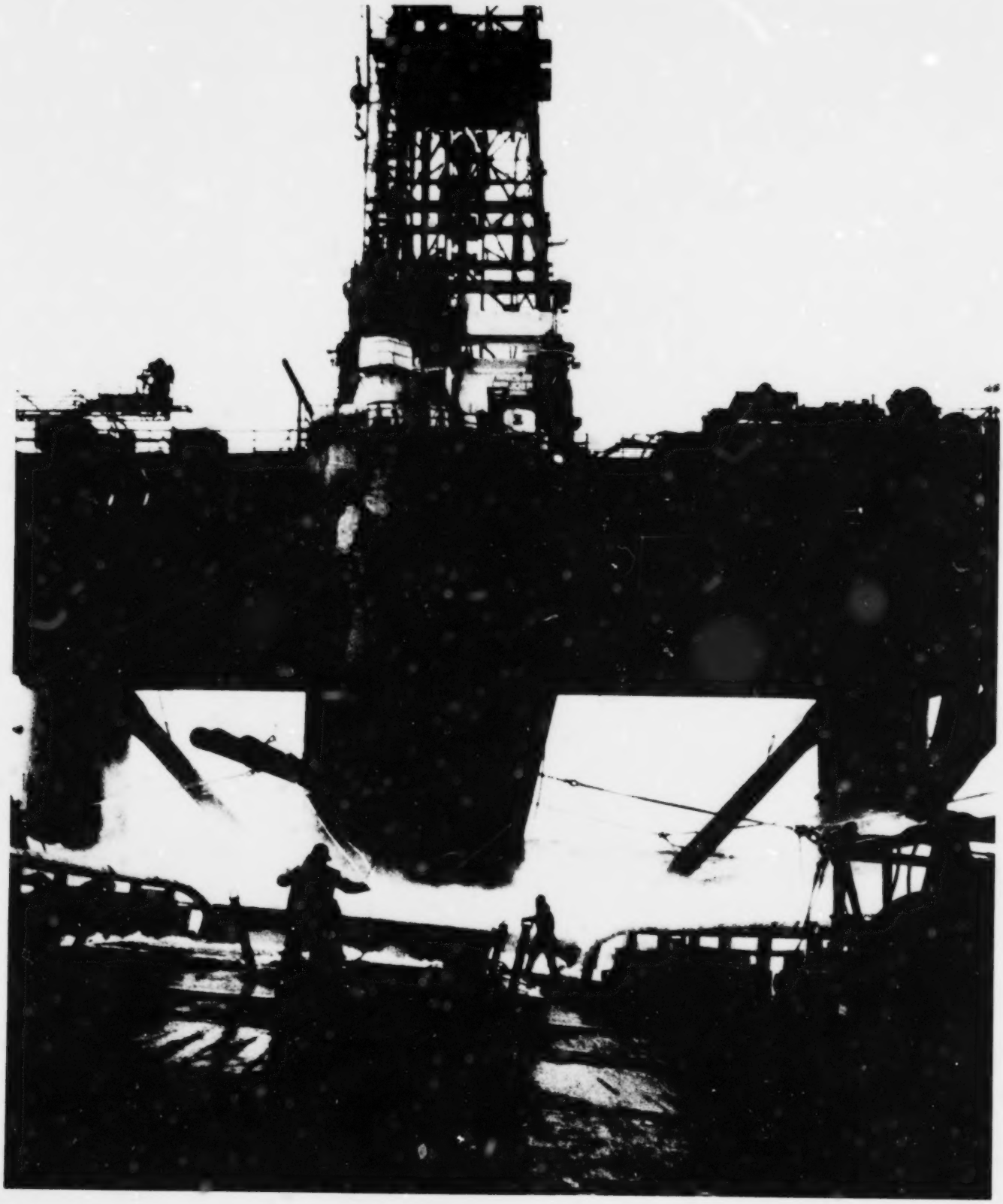
Pour le deuxième volet de son mandat, la Commission royale d'enquête a entrepris une série de consultations dans le but de recueillir des renseignements précis, des opinions et des suggestions afin de trouver des moyens pratiques d'améliorer la sécurité des opérations de forage au large de la côte est du Canada. Des experts-conseils ont effectué une série d'études afin de donner un aperçu succinct mais complet de la situation dans les quatre principaux domaines d'intérêt: l'environnement, la conception, la sécurité et la formation, et la réglementation. Au total, vingt-quatre études ont été confiées par contrat à des experts-conseils de l'extérieur. Les rapports préliminaires ont été revus par le personnel de la Commission ainsi que par des représentants choisis du gouvernement et de l'industrie, mais les conclusions qu'on y trouve sont celles des auteurs. Il s'agit essentiellement de documents produits *pour* (et non *par*) la Commission.

Des séminaires ont également été organisés pour permettre aux commissaires de se faire une idée précise des opinions et des connaissances des experts dans un certain nombre de secteurs clefs. Les données techniques réunies au cours de l'enquête (partie un), les rapports rédigés dans le cadre des études de la deuxième partie, les mémoires et les propositions reçus, ainsi que les séminaires et la Conférence sur la sécurité au large de la côte est du Canada (voir le volume IV) forment tous une importante partie de la base de données du dernier rapport.

Le présent volume contient les résumés des comptes rendus des ateliers ou des séminaires et de certains rapports choisis. Ces résumés ont été rédigés par le personnel de la Commission et présentent l'essentiel du contenu de ces documents. La Commission royale d'enquête a déposé tous les comptes rendus des séminaires et rapports aux archives des gouvernements de Terre-Neuve et du Canada, à l'Institut canadien de l'information scientifique et technique du Conseil national de recherches du Canada, et au Centre des études de Terre-Neuve, à l'Université Memorial (Terre-Neuve).

1

INTRODUCTION



INTRODUCTION

LES RISQUES INHÉRENTS AU FORAGE OFFSHORE

Les risques inhérents au forage d'exploration du gaz et du pétrole au large de la côte est du Canada

M. Ian Burton,
Directeur de l'Institut des études environnementales
Université de Toronto,
Toronto (Ontario),
mai 1984

En cette fin du vingtième siècle, les gens semblent plus que jamais préoccupés par la notion de «risque acceptable». Cette attitude s'explique difficilement car, au Canada du moins, la vie aujourd'hui est plus sûre qu'elle ne l'a jamais été. Notre taux de mortalité infantile est l'un des plus bas au monde et les Canadiens vivent plus longtemps que les habitants de la plupart des autres pays. Nous vivons dans un pays développé et prospère, et notre richesse nous a permis de réduire les risques auxquels nous devions faire face. Comment expliquer alors que, paradoxalement, ces risques nous préoccupent, nous obsèdent même à ce point?

L'un des principaux facteurs qui entrent ici en ligne de compte est que la nature de ces risques a changé. Les progrès de la science et les applications de la technologie ont en fait créé de nouveaux risques. En général cependant, ces nouveaux risques se sont jusqu'ici avérés moins graves que les anciens que nous avons pourtant fini par contrôler et réduire. Dans l'ensemble, le progrès diminue les risques.

S'il est vrai que les Canadiens ont plus peur des risques que jamais, ce ne sont pas toujours les personnes les plus exposées qui sont les plus inquiètes. Les craintes que suscitent les dangers de l'exploration offshore le montrent bien. Plus on s'éloigne de la mer et plus les gens semblent se préoccuper de la sécurité des travailleurs, et peut-être plus particulièrement de la possibilité que l'environnement subisse des dommages. Dans un sens, c'est là un signe encourageant de maturité nationale; aucune civilisation contemporaine ne voudrait être prise à faire courir des risques inutiles à une partie de ses citoyens pour le bénéfice des autres. Toutefois, le problème des risques inhérents à l'exploration en vue de trouver du gaz et du pétrole en mer doit être abordé sans parti pris, avec discernement et objectivité.

Un certain nombre de nouvelles méthodes d'analyse ont été élaborées dans le but exprès de résoudre ces questions difficiles, souvent empreintes d'émotivité. Ces méthodes dites «d'évaluation des risques» permettent d'étudier les problèmes dans la perspective voulue et facilitent les choix fondés, au bout du compte, sur la connaissance, la compréhension, la sagesse et le bon sens. L'évaluation des risques ne constitue toutefois pas une panacée. Il s'agit d'une formule qui permet de prendre des décisions à partir d'une analyse quantitative. Le problème des risques ne s'en trouve pas pour autant réglé.

Pour bien comprendre ce problème, il faut d'abord se rendre compte que la sécurité «absolue» n'existe pas. Les risques font partie de la vie et la seule chose à faire est de les identifier, de les évaluer puis de les choisir en toute connaissance

de cause. S'inquiéter inutilement au sujet des mauvais risques n'améliore pas la sécurité mais augmente au contraire le risque global, car les risques réels sont alors ignorés et finissent par s'amplifier. Ainsi, lorsqu'un édulcorant artificiel (le cyclamate) a été retiré récemment du marché parce qu'on le disait cancérigène, les évaluateurs de risques ont indiqué que si les consommateurs de boissons gazeuses substituaient au cyclamate une quantité équivalente de sucre, on observerait un accroissement des cas d'obésité et de maladie cardiaque. Leurs calculs ont démontré que la consommation de tout ce sucre aurait des effets plus néfastes sur la santé que celle du cyclamate. Les efforts faits en vue de diminuer un risque ne produisent donc pas toujours les résultats escomptés.

En principe, la solution est d'équilibrer les choses, ou de tenir compte de l'ensemble des risques minimums. Les choses sont toutefois rarement aussi simples dans la réalité. Ce qu'il faut retenir de l'exemple qui précède, c'est que l'élimination apparente des risques ne constitue pas toujours la voie la plus sûre. Refuser de prendre le risque de chercher du gaz et du pétrole en mer pourrait bien s'avérer la solution la plus risquée. D'autre part, prendre des risques sans se protéger et placer volontairement les intéressés dans des situations trop risquées serait un acte d'irresponsabilité.

■ *LA DÉFINITION DES RISQUES* Dans la langue courante, un risque est «un danger éventuel plus ou moins prévisible». Les hommes de science ont toutefois une définition plus technique du terme: il s'agit de la probabilité d'un événement, multipliée par ses conséquences ou, lorsque plusieurs événements sont en cause, de la somme de la probabilité de ces événements multipliée par leurs conséquences. Conformément à cette définition, un risque comporte quatre éléments: la probabilité de l'événement; le laps de temps ou les conditions dans lesquels il peut se produire; ses conséquences; et la décision d'une personne ou d'un groupe de prendre le risque en question.

En principe, pour éliminer complètement les risques, il suffit d'éviter tout danger. Cependant, chaque fois que la chance, la nécessité ou l'appât du gain placent l'homme dans une situation dangereuse, il y a risques. La notion de sécurité découle de celle du risque. En pratique, mettre l'accent sur la sécurité n'est pas la même chose que mettre l'accent sur les risques. Les experts en sécurité croient que les choses ne sont jamais assez sûres et que la sécurité doit toujours être améliorée. Les analystes de risques doivent pour leur part déterminer d'abord le niveau réel de risque avant d'en établir le niveau acceptable.

L'évaluation des risques consiste à identifier, estimer et évaluer les risques dans un contexte économique, social et politique donné. L'identification et l'estimation des risques peuvent se faire de façon scientifique et peuvent, jusqu'à un certain point, s'exprimer quantitativement. L'évaluation des risques est un processus social qui permet de déterminer dans quelles conditions une activité donnée, génératrice de risques, devrait être effectuée.

■ *L'ANALYSE DES RISQUES* Il existe trois méthodes d'analyse des risques: l'analyse des données antérieures; la comparaison avec une situation semblable; et la modélisation. L'emploi des données recueillies antérieurement présente deux lacunes importantes. D'abord, il arrive souvent que les données nécessaires à une évaluation fiable des risques soient manquantes, ensuite les données antérieures peuvent être assez peu révélatrices de l'avenir. En général, l'expérience et les progrès de la technologie améliorent la sécurité. Toutefois, ces mêmes perfectionnements qui permettent d'effectuer des opérations sur une plus grande échelle augmentent aussi la possibilité d'assister à des catastrophes de plus grande envergure.

Lorsqu'on veut analyser les risques inhérents à l'exploration pétrolière au large de la côte est du Canada en faisant appel aux données antérieures, on fait face à un obstacle fondamental qui est l'insuffisance des données nécessaires pour produire un échantillon fiable à partir duquel évaluer les risques, notamment

dans le cas des événements peu fréquents. On peut alors essayer de profiter de l'expérience acquise ailleurs, mais il faut se demander s'il est raisonnable de croire que les risques inhérents à l'exploration pétrolière et gazière au large de la côte est du Canada sont semblables aux risques liés à des activités similaires dans la mer du Nord ou ailleurs dans le monde. Nouveau venu dans le domaine de l'exploration offshore, le Canada profite sans conteste de l'expérience des autres pays. Toutefois, les eaux canadiennes diffèrent de celles des autres régions du globe et les conditions environnementales y sont parfois plus difficiles. Il faut donc utiliser avec précaution les données et les estimations obtenues ailleurs et tenir compte des différences.

Étant donné les lacunes des deux premières méthodes d'analyse, on en a élaboré de nouvelles à partir du processus de modélisation théorique mis au point par la *U.S. National Aeronautics and Space Administration* (NASA). Dans le domaine des vols spatiaux en effet, l'analyse des données antérieures s'avérait impossible, tout comme la comparaison avec des programmes similaires, comme ceux de l'URSS. Il a donc fallu trouver une autre méthode, la modélisation.

La modélisation recourt à deux modes d'analyse: l'étude analytique des pannes et l'étude analytique des événements. L'étude analytique des pannes part de la panne pour remonter à ses causes possibles. Elle peut servir à estimer les probabilités de pannes en déterminant le degré de probabilité rattaché à chaque cause. L'étude analytique des événements part de la cause et essaie d'en déterminer les conséquences possibles.

Dans ces deux types d'analyse, l'imagination est un facteur limitatif important. Il faut en effet imaginer d'abord le déroulement d'un accident avant de pouvoir en faire un modèle et de l'estimer. Dans un système complexe, tant de choses peuvent aller mal de tant de façons qu'il n'est pas toujours possible de tout prévoir.

■ *LES MÉTHODES D'ÉVALUATION DES RISQUES* En matière d'évaluation des risques inhérents au forage d'exploration en mer, les méthodes de l'analyse des données antérieures, de la comparaison et de la modélisation peuvent être utilisées conjointement. Cependant, la modélisation exige plus de temps et d'argent que les deux autres. En raison du coût et des limites de cette méthode, et comme les opérations offshore au Canada ne sont pas encore très importantes, il semble donc préférable de recourir d'abord aux autres méthodes, plus simples et moins coûteuses.

Une fois les niveaux de risques réels mesurés, il faut encore franchir l'étape difficile de l'évaluation à laquelle participent de nombreux décideurs à différents paliers. Les gouvernements fédéral et provinciaux, les compagnies pétrolières, les propriétaires d'installations mobiles de forage offshore, les entrepreneurs, les travailleurs et leur famille immédiate, tous jouent un rôle dans cette évaluation. Tous ont leur propre perception des risques courus, laquelle varie selon la place qu'ils occupent et les responsabilités qu'ils assument. Les analystes des risques ont tendance à croire que seuls les risques mesurés sont «réels» tandis que les risques perçus par les autres intéressés, comme les travailleurs ou le public en général, sont en quelque sorte irréels ou disproportionnés. En réalité, tout dépend du point de vue. Même les méthodes scientifiques objectives supposent des jugements de valeur, souvent de façon détournée. Les deux façons de voir sont valables, et les décideurs doivent en tenir compte.

Il en va de même pour la somme ou le niveau de risques «acceptable». La question à se poser est alors la suivante: «acceptable pour qui»? Quand on demande à quelques personnes d'accepter de plus grands risques pour le bien de la majorité, des conflits sociaux sont possibles. Pour que ces conflits puissent se régler, il doit être entendu que ceux qui acceptent temporairement de courir ces risques seront rémunérés en conséquence et qu'il s'agit d'une situation «tolérée» et non admise à jamais. Toutefois, le fait que des travailleurs acceptent de se ren-

dre sur des installations de forage en mer pour un salaire compensatoire donné ne signifie pas qu'il faille cesser de chercher à diminuer les risques.

L'évaluation des risques consiste souvent à comparer une série de risques avec une autre soit avec les risques du milieu, avec les risques que présentent les solutions de rechange, avec d'autres risques de nature différente, ou avec les profits escomptés. Dans le cas du forage en mer, il est impossible de faire la comparaison avec les risques du milieu étant donné qu'il n'existe aucun niveau de risques pré-établi dans ce domaine qui permettrait d'évaluer un accroissement de risques. La deuxième méthode, qui consiste à établir la comparaison avec les risques que présentent les solutions de rechange, exige de comparer les risques du forage en mer et ceux de l'exploration terrestre ou d'une autre activité de production d'énergie comme l'extraction du charbon. Le troisième type de comparaison étudie les risques d'une activité par rapport à ceux d'autres activités de nature différente. À cet égard, l'usage de la cigarette est souvent cité; lorsqu'il est démontré que l'usage de la cigarette est plus dangereux que l'activité en cause, on en déduit que si les gens sont prêts à prendre le risque de fumer, ils n'auront logiquement aucune raison de refuser des activités générant moins de risques. Toutefois, la comparaison avec les risques que présentent les solutions de rechange ou avec des activités de nature différente ne fournit aucun motif d'accepter les risques en question. Ces méthodes sont en fait des formes de rationalisation. La quatrième méthode, celle qui consiste à comparer les risques encourus avec les bénéfices escomptés, constitue un meilleur critère d'évaluation des risques.

Ce type de comparaison s'appuie sur trois éléments: le coût, les bénéfices et les risques. Pour un projet ou une activité donnée, la solution idéale sera celle qui permet de retirer le plus de bénéfices au moindre coût et aux moindres risques. Après avoir évalué les risques inhérents à une activité particulière, il faut déterminer dans quelle mesure il est possible d'améliorer la sécurité par des dépenses supplémentaires. Lorsqu'il faut investir tous les profits ou bénéfices réalisés ou presque dans un système pour le rendre «suffisamment sûr», c'est que les risques sont probablement trop grands. Le niveau tolérable de risques et le niveau acceptable de profits ou de bénéfices ne sont pas des éléments fixes et tous deux peuvent varier selon les circonstances. Si, en principe, on doit chercher à obtenir le plus de bénéfices possible compte tenu des risques, dans la pratique certains jugements de valeur s'avèrent parfois nécessaires. À cette fin, il faut donc connaître les taux d'accidents et d'accidents mortels existants et pouvoir en évaluer la cause. Statistiquement parlant, un taux d'accidents calculé à partir des données recueillies sur une courte période n'est guère fiable; pour prendre des décisions rationnelles quant aux sommes qu'il convient de consacrer à la réduction des risques, il faut donc posséder une base de données adéquate permettant de calculer le niveau réel de risques.

La gestion des risques est essentiellement un processus décisionnel qui permet de réduire les risques de deux façons. La première consiste à élaborer et à utiliser de meilleurs systèmes afin de diminuer la probabilité d'accidents, et la seconde consiste à limiter les conséquences des accidents puisqu'il est impossible de les éliminer tout à fait. La limitation des conséquences est un aspect souvent négligé de la gestion des risques.

■ *LES RISQUES INHÉRENTS AUX OPÉRATIONS DE FORAGE EN MER* L'évaluation des risques inhérents aux opérations de forage en mer est soumise à de nombreuses restrictions. Étant donné sa nouveauté, cette activité se prête difficilement, voire pas du tout, à une analyse fondée sur des données recueillies antérieurement. Les installations mobiles de forage offshore du monde entier ne totalisent guère que quelque 5 000 années-installations et, à la fin de 1983, les installations de la côte est du Canada comptaient à peine 50 années-installations. La période étudiée est donc trop courte pour qu'il soit possible d'évaluer avec précision la fréquence des

accidents et surtout celle des événements rares, car les données existantes ne sont ni complètes ni fiables.

Les données recueillies par les gouvernements provinciaux au Canada sont incomplètes car on n'y indique pas de façon précise le nombre des heures-personnes travaillées. Par conséquent, il est impossible de calculer les taux d'accidents et de déterminer l'efficacité des mesures de sécurité. Les données du gouvernement fédéral sont également incomplètes parce qu'elles sont emmagasinées sous forme de données «brutes» et qu'elles n'ont pas été résumées ou mises en tableaux. Le même problème se pose aux États-Unis, au Royaume-Uni et en Norvège et l'analyse y est soumise aux mêmes restrictions. Lorsqu'on veut comparer les opérations effectuées dans différents pays, les problèmes engendrés par ces lacunes dans les données sont encore compliqués par l'absence d'un système de compte rendu normalisé. À l'heure actuelle, les données relatives à tous les pays ne sont ni complètes ni fiables, et on ne peut les comparer vraiment. Il faut donc se servir de son jugement pour décider quelles sources de données ou d'estimations sont les plus fiables. En général, on utilise les chiffres les plus élevés car si des accidents ou des accidents mortels peuvent avoir été omis, on considère qu'il est peu probable que d'autres aient été inventés. On juge aussi plus prudent de surestimer les risques plutôt que de les sous-estimer. Sans les exagérer, on cherche avant tout à ne pas les sous-estimer.

La connaissance des causes est une étape importante de l'analyse des risques. Lorsque certaines causes sont plus fréquentes que d'autres, elles deviennent la cible prioritaire du processus de gestion des risques. Dans le domaine de l'exploration pétrolière en mer, les principales causes d'accidents sont le temps et d'autres facteurs environnementaux; la conception et le fonctionnement des installations offshore elles-mêmes; et la capacité des personnes à bord de faire face à une situation dangereuse. L'étude des rapports d'accidents en mer révèle que ces trois éléments entrent presque toujours en ligne de compte.

Attribuer une cause unique à un événement ou considérer une cause donnée comme un événement isolé est toujours une simplification. En principe, la façon logique d'analyser un événement dangereux est d'identifier le «déroulement des faits». On peut alors calculer les risques en fonction de la probabilité de l'ensemble des faits et non de celle de faits isolés. Lorsqu'on ne peut procéder ainsi, l'analyste doit se fonder sur des concepts plus simples en vue de lier les accidents survenus à des causes précises. Cette classification statistique des causes présente de graves lacunes. On observe en effet certains chevauchements entre les catégories et il arrive que des accidents soient liés non seulement à l'installation elle-même mais aussi à d'autres activités telle la plongée.

Det norske Veritas a récemment établi une banque mondiale de données sur les accidents en mer et tout indique que le nombre des accidents mortels par 1 000 travailleurs offshore a baissé de 1970 à 1978 (de 1979 à 1982, trois accidents graves ont toutefois coûté la vie à 277 personnes). En fait, sur les 486 décès survenus en mer dans le monde de 1970 à 1982, 349 (72 pour cent) sont attribuables à quatre désastres importants. Aux fins de l'analyse des risques, il paraît donc raisonnable de diviser les accidents mortels et les blessures associés aux opérations de forage offshore en deux catégories distinctes: les désastres maritimes et les accidents du travail. Dans le cas des désastres maritimes, il faut chercher avant tout à rendre les installations de forage offshore moins vulnérables aux accidents pouvant entraîner leur destruction totale et à élaborer des plans et des mesures d'urgence visant à sauver le plus grand nombre de personnes advenant un désastre. Dans le cas des accidents du travail, les mesures de sécurité appliquées à terre sont sans doute suffisantes à condition qu'on y apporte les modifications nécessaires.

À ce jour, l'étude la plus complète jamais réalisée en Amérique du Nord sur

la sécurité des activités d'exploration et de production de pétrole en mer est une étude du *US National Research Council* intitulée «Safety of Offshore Oil – Report of the Committee of Assessment of Safety of Offshore Continental Shelf Activities» (1981). Cette étude signale les lacunes des données existantes et déplore le fait qu'il n'existe aucune source globale de données sur les accidents survenus dans la zone externe du plateau continental des États-Unis. Il s'ensuit que les données sur la sécurité au travail ne sont pas fiables et ne peuvent être comparées au niveau national ou international. Les auteurs de l'étude concluent qu'il faudrait établir une formule normalisée de compte rendu d'accidents qui serait recueillie par un organisme central si l'on veut réunir les renseignements requis pour mieux comprendre les facteurs de causalité et les caractéristiques des travailleurs sur lesquels il faudrait se pencher pour améliorer la sécurité.

D'après l'étude, à la fin de 1979, quelque 61 500 travailleurs américains occupaient un emploi régulier dans les domaines de l'exploration, de la mise en valeur et de la production de pétrole et de gaz au large du plateau continental. Cette estimation paraît toutefois contestable puisqu'aucun recensement n'a jamais été fait. Le *US Geological Survey* rapporte 116 accidents ayant entraîné la mort de 187 travailleurs entre 1970 et 1978. De 1962 à 1977, le nombre des heures-personnes a quadruplé, mais la fréquence des accidents a baissé de 35 pour cent. Si on compare les risques inhérents au travail en mer à ceux que présentent d'autres industries, la fréquence des blessures paraît comparable à celle que l'on enregistre dans des industries comme les mines, le transport maritime et la construction lourde, et les taux de blessures et de maladies par 100 travailleurs à plein temps semblent à peu près les mêmes que dans l'industrie manufacturière. Toutefois, dans ce genre de comparaison, il faut tenir compte du fait que la définition du mot «blessure» et les pratiques de compte rendu varient considérablement d'une industrie et d'une compagnie à l'autre. La comparaison des taux de blessures mortelles dans le golfe du Mexique et dans la mer du Nord montre que l'incidence des blessures mortelles est plus faible dans le golfe du Mexique et relativement stable. L'étude indique également que le nombre des décès a tendance à diminuer dans la mer du Nord.

Les auteurs de l'étude attribuent également une bonne partie de la responsabilité des accidents du travail à des limites, des attitudes et des caractéristiques humaines. L'expérience semble un facteur déterminant en ce sens que 76,5 pour cent des blessés avaient moins d'une année d'expérience et 54,8 pour cent moins de six mois. Les auteurs concluent que le principal élément à prendre en compte pour accroître la sécurité au travail n'est pas la technologie, mais bien l'amélioration de l'exécution.

Une grande étude menée en 1980 sur la sécurité dans le secteur britannique de la mer du Nord a fait l'objet d'un rapport intitulé «Offshore Safety», bien connu sous l'appellation de «rapport Burgoyne». Comme tous les autres rapports fiables sur le sujet, le rapport Burgoyne déplore la non-disponibilité des données et leur mauvaise qualité. Les auteurs doutent aussi de la valeur des chiffres se rapportant aux accidents mineurs parce que ceux-ci ne sont pas toujours signalés. De même, les chiffres sur les situations dangereuses paraissent peu fiables car on ignore si la définition de ce qui doit faire l'objet d'un compte rendu est la même partout et parce qu'il est difficile d'amener tous les intéressés à faire ces comptes rendus.

Selon les estimations du *UK Department of Energy*, le nombre des travailleurs dans le secteur britannique de la mer du Nord est passé de 4 030 en 1974 à quelque 12 500 en 1978. Le taux d'accidents mortels par 1 000 employés est de 0,8 à 2,0, ce qui se compare au taux de 0,6 à 1,12 par 1 000 «travailleurs par année» aux États-Unis et à celui de 1,7 à 2,8 par «1 000 années-personnes» dans le secteur norvégien de la mer du Nord. Il n'est cependant pas certain que ces estimations soient comparables car le «par 1 000 employés» utilisé dans l'étude britanni-

que et le «par 1 000 employés par année» de l'étude américaine ne correspondent pas nécessairement au «par 1 000 années-personnes» de la Norvège.

Les auteurs du rapport Burgoyne concluent qu'un travailleur offshore est deux fois plus susceptible d'être victime d'un accident qu'un travailleur de l'industrie manufacturière et à peu près à moitié moins exposé qu'un mineur. Toutefois, un accident en mer risque davantage d'être mortel.

Plus d'études détaillées et complètes sur les risques ont été menées pour le compte de l'industrie pétrolière norvégienne offshore que pour toute autre industrie au large. Ces études découlent de la nécessité d'estimer les niveaux de risques avant de poser des jugements sur les niveaux et les méthodes de sécurité. Néanmoins, le rapport rédigé en 1979 par le *Royal Norwegian Council for Scientific and Industrial Research* et intitulé «Risk Assessment, A Study of Risk Levels Within Norwegian Offshore Petroleum Activities» fait état des mêmes problèmes relativement aux données. On y note de grandes divergences dans les différentes sources de données en raison de définitions, de méthodes de collecte et de champs d'application différents.

D'après les estimations les plus hautes, la main-d'oeuvre employée sur le plateau continental norvégien est passée de 100 années-personnes en 1966 à 16 705 années-personnes en 1978, et le nombre des années-personnes a triplé entre 1975 et 1978. Quatre-vingt-deux travailleurs norvégiens et étrangers ont été victimes d'accidents mortels à bord de différentes installations offshore, de 1966 à 1978. Le secteur où l'on a enregistré le plus d'accidents mortels est celui de la mise en valeur qui fait appel à des hélicoptères. L'analyse des données révèle que 42 pour cent des 82 accidents mortels signalés sont survenus à la suite d'un écrasement ou d'un amerrissage d'hélicoptère; 21 pour cent sont dus à ce qu'on pourrait appeler des accidents du travail; 11 pour cent se sont produits durant une évacuation d'urgence (y compris lors de l'échouage du *Deep Sea Driller*); 10 pour cent sont des accidents de plongée; 4 pour cent se sont produits dans le cadre des opérations de forage; et 12 pour cent sont dus à des causes diverses. L'industrie offshore norvégienne a enregistré un taux d'accidents mortels de l'ordre de 1,7 à 2,8 décès par 1 000 années-personnes au cours de cette période. Si on exclut des données les accidents d'hélicoptère et l'échouage du *Deep Sea Driller*, ce taux n'est plus que de 0,85 à 1,4 décès par 1 000 années-personnes.

Les auteurs du rapport signalent que la fréquence des accidents en mer sur les plates-formes fixes et mobiles est comparable à celle d'activités terrestres telles l'exploitation minière et la transformation du bois. Les accidents semblent plus fréquents sur les installations mobiles de forage en mer que sur les installations fixes, sans doute à cause des activités de forage. Afin de réduire la fréquence des accidents, les auteurs suggèrent d'étudier ce secteur plus attentivement.

■ *LES RISQUES AU LARGE DE LA CÔTE EST DU CANADA* Étant donné la nouveauté des opérations en mer dans l'est du Canada et l'absence de données fiables et complètes, il a fallu faire un certain nombre de suppositions pour estimer le nombre total d'années-installations d'exploitation et la taille de l'effectif. Les estimations obtenues permettent néanmoins de faire certaines comparaisons. Ainsi, dans l'exploration pétrolière, la fréquence des blessures invalidantes est à peu près la même au large de la Nouvelle-Écosse qu'en Norvège, compte tenu du nombre estimé d'heures-personnes travaillées. On ignore cependant si les exigences en matière de compte rendu des blessures sont les mêmes aux deux endroits. Au plus, peut-on dire que les taux semblent similaires et qu'aucune différence radicale n'a été décelée. Les taux moyens de fréquence des blessures avec perte de temps ou des blessures invalidantes au large de Terre-Neuve sont du même ordre de grandeur qu'en Nouvelle-Écosse et en Norvège.

Cependant, la valeur des données moyennes de fréquence paraît douteuse lorsque l'écart entre les données de base est très grand. Par exemple, une semi-

submersible au large de Terre-Neuve signalait en 1980 une moyenne de 56,48 accidents par mois, mais les valeurs mensuelles variaient de 0 accident durant sept mois à 217,7 accidents en un seul mois. Il n'est pas impossible qu'un tel écart soit dû à une modification radicale des conditions, comme une forte accumulation de glaces sur le pont mais il est plus probable qu'on a omis de signaler un certain nombre d'accidents. Ainsi, pour 1980, la Direction générale du pétrole de Terre-Neuve et du Labrador ne possède des données que pour trois installations, alors que d'autres sources indiquent qu'il y avait huit installations en opération au large de la province cette année-là. De 1978 à 1983, la fréquence des blessures avec perte de temps à Terre-Neuve et au Labrador est généralement plus faible qu'en Norvège pour la même période mais, encore une fois, l'imprécision des données et le fait qu'on ignore si elles sont vraiment comparables ne permettent guère de conclusions définitives. Tout ce qu'on peut dire, c'est qu'elles ne sont pas entièrement divergentes.

■ *CONCLUSIONS* Si les taux d'accidents et d'accidents mortels constituent au Canada d'importants moyens d'évaluer des risques, il faut aussi assurer le contrôle de la sécurité et la production de données comparables grâce à une formule de compte rendu d'accidents normalisée recueillie par un organisme central possédant l'autorité nécessaire pour vérifier si les données fournies sont complètes et précises. En outre, la normalisation des catégories d'accidents et des définitions paraît souhaitable à l'échelle nationale comme à l'échelle internationale.

Sur la côte est du Canada, le taux annuel de risques d'accidents mortels auxquels les travailleurs à bord d'installations pétrolières offshore doivent faire face varie de 0,006 à 0,0004. Cette estimation n'est guère précise, mais c'est la seule qu'il soit possible de faire à l'heure actuelle. Les données disponibles sur les taux d'accidents dans les quatre pays étudiés ne permettent même pas ce type d'estimations; aux termes de cette analyse, il semble toutefois que ces taux soient à peu près les mêmes dans les quatre pays.

Si on compare l'exploration offshore aux industries terrestres, le forage en mer et les autres activités connexes semblent plus sûres quant aux accidents du travail, mais plus dangereuses quant à la faible probabilité d'un «désastre maritime». Bien entendu, la brièveté de la période étudiée interdit toute analyse des risques fondée sur ce type d'activités. L'un des axiomes de l'analyse des risques est que si on peut réduire la fréquence des accidents, on ne peut les éliminer complètement; la gestion des risques doit prévoir des mesures en vue de réduire les effets des accidents lorsque ceux-ci se produisent.

Résumé du séminaire sur l'analyse des risques

Le 2 mai 1984, la Commission royale d'enquête parrainait un séminaire d'une journée sur l'application des techniques d'analyse à l'identification et l'évaluation des risques inhérents aux opérations de forage en mer. Les participants étaient des représentants de différents groupes de réglementation de l'industrie offshore, ainsi que de l'industrie nucléaire où les techniques d'analyse des risques sont employées depuis de nombreuses années dans le cadre du processus décisionnel.

L'analyse des risques suppose une estimation de la probabilité et des conséquences de différents événements fâcheux; il ne s'agit nullement de «prédire» l'avenir, mais bien plutôt de permettre aux responsables de prendre des décisions rationnelles en vue de réduire la fréquence ou les conséquences de ces événements. L'analyse des risques permet aussi de traiter de grandes quantités de données afin de faciliter l'étude et l'évaluation.

Les participants ont signalé un certain nombre de lacunes relativement à l'analyse des risques. Il est très difficile par exemple d'estimer la probabilité et les conséquences d'événements à faible probabilité, et les estimations faites dans ce cas font souvent l'objet de controverses. De plus, les techniques d'analyse des risques comportent toujours un élément subjectif, surtout lorsque les données objectives sont douteuses ou inexistantes, et les résultats des analyses reflètent l'opinion et le jugement des analystes. Ceux-ci doivent aussi se rendre compte que les améliorations apportées à la technologie et les mesures importantes prises en vue de corriger les effets d'événements passés peuvent réduire l'efficacité des comparaisons avec les données historiques ou antérieures.

Au Canada et aux États-Unis, l'industrie nucléaire emploi les techniques d'analyse des risques depuis près de vingt ans; au cours des dix dernières années, ces techniques sont devenues un outil de décision important au chapitre des problèmes industriels et de la réglementation dans un grand nombre d'industries, y compris l'industrie du gaz et du pétrole, à terre et en mer. Le processus a été rendu plus efficace suite aux développements survenus dans les domaines de l'informatique et de la simulation sur ordinateur, notamment lorsqu'un très grand nombre de données doivent être traitées. Les participants croient généralement que les avantages de l'analyse des risques l'emportent sur les restrictions découlant de la nécessité d'assurer le caractère qualitatif des données.

À ce jour, dans l'industrie pétrolière offshore, le *Norwegian Petroleum Directorate* est le seul organisme qui ait établi des règles concernant l'application des techniques d'analyse des risques. Afin de laisser une place aux différentes méthodes d'évaluation et d'encourager les exploitants à élaborer des techniques appropriées aux opérations offshore, ces règles sont plutôt des lignes directrices que des règlements. Un représentant de l'organisme affirmait que malgré les réticences initiales de l'industrie, tous les exploitants procèdent maintenant à des analyses plus approfondies que ne l'exigent les lignes directrices établies. De l'avis de tous, la réglementation en matière d'analyse des risques doit éviter de chiffrer arbitrairement les niveaux de risques «acceptables» sous peine de détourner l'attention du but poursuivi et de transformer l'analyse en un exercice visant à prouver que telle situation est «suffisamment sûre». L'exploitant doit être convaincu qu'il procède à l'évaluation pour son propre bénéfice, afin d'identifier les problèmes et d'apporter des solutions efficaces.

L'emploi des techniques d'analyse des risques pour évaluer les installations et les opérations offshore existantes semble une solution raisonnable et profitable. Cependant, l'utilisation de ces mêmes techniques au moment de la conception des systèmes offshore pourrait améliorer encore davantage la sécurité. Plus tôt on

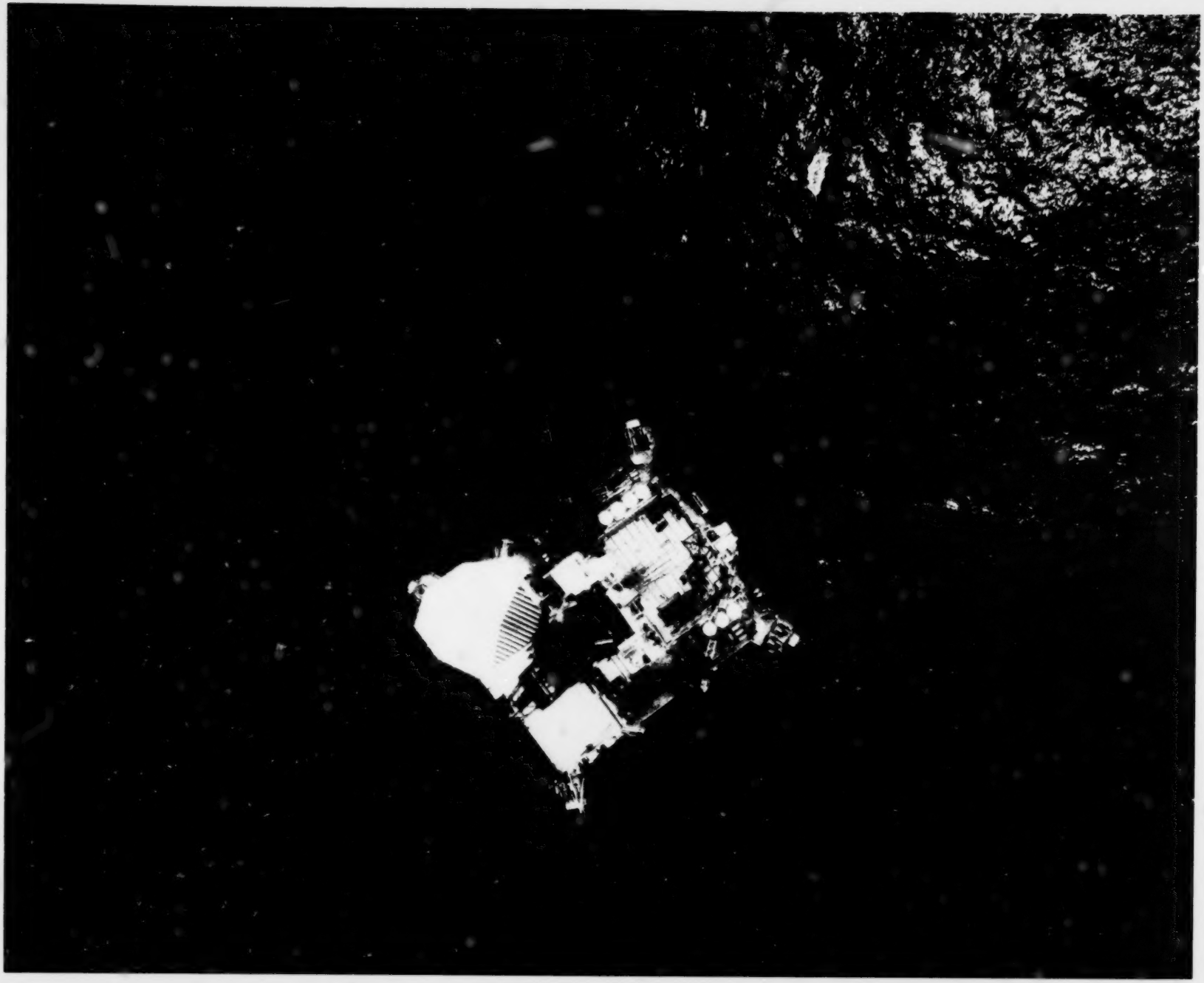
a recours aux techniques d'analyse des risques durant l'étape de la conception plus on a de chances d'identifier les facteurs de risques et d'en tenir compte.

De nombreuses discussions ont porté sur la perception qu'a le public des risques et sur les responsabilités des organismes de réglementation vis-à-vis ce même public, les travailleurs offshore et l'industrie pétrolière. On a dit que les organismes de règlementation devraient avoir pour mandat d'établir les niveaux de risques «acceptables» en comparaison par exemple avec les risques encourus par les travailleurs dans d'autres industries. Les niveaux de risques devraient aussi être fixés en fonction des bénéfices éventuels et les organismes de réglementation devraient choisir de protéger les intérêts de ceux qui ne sont pas en mesure d'influer sur le processus décisionnel. L'analyse des risques apparaît comme un complément à d'autres influences plus subjectives comme la perception du public et les profits attendus des activités offshore.

En général, tous les participants s'accordent à dire que l'information obtenue par l'application judicieuse et systématique des techniques d'analyse des risques est beaucoup plus complète que celle qui peut être obtenue à la suite d'une inspection intuitive moins organisée. L'analyse des risques est un excellent outil d'identification et d'évaluation des niveaux de risques et permet d'élaborer des méthodes visant à éliminer ou à atténuer les conséquences de ces risques.

2

ENVIRONNEMENT



ENVIRONNEMENT

SYSTÈMES DE GESTION DES GLACES

Revue de l'information sur les glaces du secteur offshore de l'est du Canada
NORDCO Limited,
Saint-Jean, Terre-Neuve,
août 1984

Évaluation des systèmes de gestion des glaces à l'appui des forages d'exploration au large de la côte est du Canada
Manadrill Drilling Management Inc.,
Calgary, Alberta,
août 1984

Trois types de «glaces» sont présents dans la zone à l'étude: les icebergs, la glace de mer et les précipitations ou embruns verglaçants. Ces derniers provoquent le givrage des structures, problème bien connu pour ce qui est des bateaux de pêche mais qui n'est source de préoccupation que depuis peu dans le cas des installations de forage en mer. Les deux autres types de glace, toutefois, figurent déjà depuis nombre d'années parmi les facteurs pris en compte pour établir le calendrier de forage et déterminer le type d'installation à employer. Le forage toute l'année n'est possible qu'au large de la Nouvelle-Écosse et, sous reserve de surveiller les icebergs et – à l'occasion – les glaces de mer, sur les Grands bancs. À ces deux endroits, on utilise couramment des installations de forage semi-submersibles, encore que, dans les eaux peu profondes de l'île de Sable et dans le golfe Saint-Laurent, on leur préfère souvent les installations auto-élévatrices. Plus au nord, au large de la côte du Labrador et dans le détroit de Davis, le forage ne se fait que durant les mois d'été et l'on utilise des navires de forage à positionnement dynamique ou des installations semi-submersibles suffisamment mobiles pour pouvoir s'écarter de la trajectoire des glaces à bref délai. En ce qui concerne l'extrême nord, dans le détroit de Lancaster, des permis ont été demandés, mais le forage proprement dit n'a pas encore commencé.

Aucune des installations de forage déployées jusqu'ici au large de la côte est n'était conçue pour résister aux glaces, bien que, sur certaines installations semi-submersibles, les colonnes verticales aient été spécialement renforcées. Les bateaux de service, notamment ceux qui évoluent au large du Labrador, sont souvent équipés pour naviguer dans les glaces – c'est le cas, par exemple, des bateaux des classes Arctique 2 ou 3 définis par la Lloyd's – car ils sont fréquemment appelés à remorquer des icebergs ou à faire dévier des blocs de glace de taille plus petite.

C'est au début des années 1970 qu'ont été élaborées les méthodes employées par le secteur industriel pour faire face au problème des icebergs qui menacent les opérations sur le plateau du Labrador. La stratégie de gestion des glaces repose sur l'esquive. La sécurité des opérations de forage dépend de la capacité de repérer les glaces (ou les icebergs potentiellement dangereux) assez tôt pour qu'il soit possible de les faire dévier ou d'éloigner l'installation de forage de leur trajectoire. La possibilité de collision entre un iceberg et une installation de forage se limite par conséquent aux situations où l'on ne repère pas les glaces assez tôt pour qu'il soit encore possible de déplacer l'installation et à celles où il n'est pas possible de faire dévier les glaces ni de déplacer l'installation, pour quel-

que raison que ce soit.

■ *LES ICEBERGS* Les icebergs se définissent d'après leur masse approximative. Les plus petits, appelés bourguignons, ont un franc-bord d'un mètre ou moins, font jusqu'à six mètres de longueur et ont une masse de 200 tonnes ou moins. Les *bergy bits* ont une hauteur apparente (hauteur de la partie émergée) de un à cinq mètres, font de six à vingt mètres de longueur et ont une masse se situant entre 200 et 7 000 tonnes. Les icebergs qui dépassent ces dimensions approximatives sont tout simplement qualifiés de petits, de moyens, de grands ou de très grands, les tailles relatives étant déterminées pour chaque catégorie.

La taille et la forme de l'iceberg influent directement sur la possibilité de le repérer, sur son comportement sous l'action des forces environnementales ou des tactiques de détournement et sur la force de l'impact en cas de collision avec une plate-forme offshore.

La méthode habituellement employée pour calculer les dimensions de la partie émergée d'un iceberg consiste à mesurer les angles à l'aide d'un sextant et les distances au moyen du radar ou d'un télémètre visuel. Comme il existe un rapport fixe entre la masse de la partie émergée et celle de la partie immergée de l'iceberg, on peut alors estimer la masse totale à l'aide de formules établies. Il arrive qu'on fasse appel à la stéréophotographie aérienne pour estimer la masse des icebergs. La longueur et le tirant sont aussi des dimensions importantes. Habituellement, on mesure le tirant au moyen d'un sonar latéral ou on l'estime à partir de la densité de la glace et de la taille du polyèdre que forme la partie émergée de l'iceberg.

La principale source de données sur les dimensions des icebergs au large de la côte est est constituée par les observations faites par les sociétés pétrolières aux fins de leurs programmes de forage offshore. Les données collectées sur les lieux de forage indiquent que, bien souvent, les bourguignons ne sont pas repérés même lorsqu'ils se trouvent à moins de dix kilomètres et, lorsqu'ils sont repérés, ils ne sont pas toujours inclus dans les statistiques.

La taille maximale crédible des icebergs n'a pas forcément d'incidence majeure pour la conception ou la sécurité des installations de forage. La probabilité d'apparition d'un iceberg atteignant la taille maximale crédible est très faible; il est encore plus improbable qu'il frappe une structure, car il serait facile de le repérer et de le suivre; enfin, la probabilité qu'un iceberg de ce genre entre en collision avec une structure à une vitesse que l'on pourrait qualifier d'appréciable est pratiquement nulle. Si la probabilité d'impact est maintenue constante, le niveau d'énergie maximal d'une éventuelle collision doit être considéré non pas en fonction d'un iceberg atteignant la taille maximale crédible, mais d'un iceberg beaucoup plus petit se déplaçant plus rapidement.

Chaque année, des dizaines de milliers d'icebergs se détachent des glaciers de l'ouest du Groenland et, dans une moindre mesure, de l'île Baffin, mais seule une fraction d'entre eux parviennent à s'échapper des fjords et à pénétrer dans la baie Baffin; quant à ceux qui survivent au voyage le long des côtes de Baffin et du Labrador – 3 000 kilomètres en deux ans – ils sont encore moins nombreux. Au sud du 49° de latitude nord, la trajectoire des icebergs se ramifie en deux branches: l'une d'elles suit la côte vers le sud et emprunte le chenal Avalon; l'autre passe au large et suit la lisière est des Grands bancs. Une fois qu'un iceberg s'est libéré de la banquise et dérive en eaux libres et tièdes, il se désagrège rapidement. Un petit berg flottant dans des eaux dont la température est de +2°C aura disparu au bout de neuf jours environ; si la température de l'eau est de 10 °C, la fonte sera achevée en trois jours.

Le nombre d'icebergs passant une ligne donnée dans un délai donné est appelé débit d'icebergs; dans les eaux de l'est du Canada, sa principale caractéristique est la variabilité. Le débit maximal s'observe habituellement en avril et en

mai sur les Grands bancs, en mai au large du Labrador et en juillet dans la baie Baffin; le débit minimal survient en octobre, novembre et décembre dans toutes les régions. Le débit annuel à la hauteur du 48° de latitude nord, dont le Service international de recherche des glaces tient le registre depuis 1913, se situe entre zéro et pas moins de 1 500 icebergs par année, chiffres qui disent assez le caractère extrême de la variabilité interannuelle.

L'information sur la taille et la répartition des bergs présente aussi de l'intérêt du point de vue opérationnel. Pour ce qui est de la côte du Labrador, les deux facteurs sont assez bien connus parce que l'on a accumulé des masses de données au cours des années 1970, alors que l'activité de forage a battu son plein durant plusieurs années. En ce qui concerne les Grands bancs, la base de données est loin d'être aussi développée. Des analyses portent à penser que, dans les eaux du Labrador, le tiers environ de tous les icebergs présentent une masse en déplacement d'un million de tonnes ou plus, tandis que sur les Grands bancs, quelque dix pour cent seulement sont aussi gros. Les «populations» sur lesquelles reposent ces pourcentages ne comprennent pas les *bergy bits* ni les bourguignons de moins de 1 000 tonnes, faute de données fiables sur leurs nombres. Ils ont tendance à disparaître rapidement, ils sont difficiles à repérer par mauvais temps et, lorsqu'ils sont repérés, ils ne sont pas toujours signalés.

Le déplacement des icebergs est régi principalement par le vent et par les courants. Comme ces deux facteurs varient considérablement dans le temps et dans l'espace, on observe des variations importantes dans la vitesse et la trajectoire des icebergs, même sur des distances de quelques kilomètres à peine. Il est possible de tirer quelques conclusions concernant la vitesse de dérive des icebergs des zones offshore de l'est du Canada. Pour les lieux à l'écart du courant principal, la vitesse de dérive observée sur plusieurs jours se situe entre 0,10 et 0,25 mètres par seconde (m/s) alors qu'elle s'établit à 0,50 m/s dans les secteurs où le courant est fort. On a relevé à quelques reprises des vitesses de dérive s'établissant à 2,0 m/s pour de brèves périodes et des moyennes quotidiennes de 1,5 m/s dans des secteurs à fort courant soumis à de fortes tempêtes. Il y a fort peu de données quantitatives et pas du tout de données pratiques sur les vitesses acquises instantanément par les petits icebergs, comme les bourguignons, dans les vagues.

À l'heure actuelle, le champ Hibernia est le seul secteur pour lequel ont été proposés des critères de conception à l'égard des vitesses maximales de dérive des icebergs. Et la Direction du pétrole de Terre-Neuve et du Labrador, et Mobil Oil Canada Ltd. ont proposé de considérer un maximum de 1,0 m/s. Bien qu'aucun critère théorique n'ait été proposé pour le Labrador, l'*Offshore Labrador Initial Environmental Assessment* fait état d'une vitesse maximale de dérive de 0,80 m/s. D'autres recherches donnent à penser que le chiffre relatif au secteur Hibernia représente un maximum à long terme et que les deux données doivent de toute façon être réévaluées.

La dérive des icebergs comporte un deuxième aspect qui a de l'importance pour l'élaboration de modèles de probabilité d'impact (aspect que plusieurs modèles existants ne prennent pas en ligne de compte): il s'agit de la direction de la dérive. Les analyses des données collectées sur les lieux de forage de la mer du Labrador montrent que, bien qu'on puisse habituellement observer un schéma de dérive dominant, les icebergs se déplacent dans toutes les directions.

Les propriétés mécaniques de la glace définissent sa solidité, élément important lorsqu'il s'agit de déterminer l'effet de l'impact de cette matière contre une structure. On utilise différents types de charges (compression, pliage, entaillage, cisaillement, traction) pour identifier différents modes de rupture (fissurage, écrasement). Le point de rupture définit la solidité. Les propriétés mécaniques sont difficiles à quantifier parce qu'elles varient en fonction de la température, de l'âge de

la glace, de la teneur en saumure et du mode de formation de la glace. Cette variabilité naturelle ne peut être reproduite en laboratoire et les mesures «sur le terrain» sont difficiles à obtenir. En outre, si la glace est soustraite à son cadre naturel, nombre des variables qui influent sur ses propriétés mécaniques (température, drainage de la saumure) se modifient radicalement. C'est pour ces raisons qu'il existe peu de mesures des propriétés mécaniques de la glace.

La glace des icebergs se caractérise par la présence de petites bulles d'air emprisonnées au moment de la formation du glacier, alors que la pression transforme la neige en glace. Ces petites bulles d'air comprimé ont un diamètre de l'ordre de quelques dixièmes de millimètre et sont au nombre de quelques centaines par centimètre cube. Les quelques résultats d'essais dont nous disposons indiquent que la glace d'iceberg présente une solidité supérieure à celle de la glace de lac, par exemple; cette caractéristique serait attribuable à la présence des bulles, lesquelles semblent freiner la propagation des fissures.

■ *LA GLACE DE MER* La glace de mer se forme par le gel de l'eau de mer en surface; la banquise est de la glace de mer flottant librement. Une fois qu'une couche de glace s'est formée, son apparence révèle sa phase de formation. Aussi a-t-on pu élaborer une terminologie de classification qui permet d'identifier la glace en fonction de son âge, depuis la glace jeune (glace mince de formation récente et de couleur sombre) jusqu'à la glace de première année (glace épaisse plus ancienne et de couleur blanche). La glace qui survit à la fonte estivale est soumise au drainage de la saumure. Il s'ensuit que cette glace plus ancienne (glace de deuxième année ou glace de plusieurs années) est infiniment plus solide que la glace de première année.

La banquise s'étend parfois jusqu'au secteur Hibernia durant les mois d'hiver et la lisière de glace se trouve d'habitude juste au nord des lieux de forage au large du Labrador, au début de la saison. Dans toute la partie nord de la région à l'étude (baie Baffin, détroit de Lancaster), la glace de mer est présente durant la majeure partie de l'année et compliquerait toute activité de forage. Quant à la banquise du golfe Saint-Laurent, bien qu'elle couvre parfois le nord du plateau continental Scotian, elle n'a jamais été signalée à l'île de Sable.

Les données sur les types et les concentrations de glace de mer proviennent d'observations faites depuis des navires ou la terre, du haut des airs ou par satellite et elles sont traitées par le Centre des glaces du Service de l'environnement atmosphérique (SEA). Le Centre utilise des aéronefs et diffuse de l'information sur les glaces des Grands bancs, de la côte du Labrador et du golfe Saint-Laurent. Le service s'est beaucoup amélioré dernièrement avec l'adoption du radar aéroporté à antenne latérale. En raison de l'étendue de la région géographique à couvrir et de la portée du mandat du SEA, qui doit desservir aussi bien les entreprises de transport maritime que l'industrie pétrolière, le survol du secteur Hibernia l'hiver et de la côte du Labrador au printemps est limité à une fois tous les deux ou trois jours, mais cette fréquence peut varier considérablement. Pour les deux régions indiquées, l'industrie pétrolière a mis au point ses propres programmes de reconnaissance des glaces qui complètent le travail du SEA.

La glace de mer nouvelle commence à se former à la fin de septembre dans le nord de la baie Baffin et elle progresse lentement vers le sud. À la fin de décembre, la côte du Labrador est complètement envahie par les glaces et la glace commence à se former dans le golfe Saint-Laurent. À la mi-mars, la glace de mer a atteint sa superficie maximale: elle couvre la majeure partie du golfe Saint-Laurent et une bonne part de la partie nord des Grands bancs. La glace commence à fondre en avril, et en mai, les deux régions sont habituellement dégagées. Sur la côte du Labrador, la fonte survient en juin et en juillet. À la mi-août, la banquise ne s'étend pas, vers le sud, au-delà de la baie Baffin. C'est habituellement à la mi-septembre qu'on observe la moindre étendue de glace de mer. Les variations sai-

sonnières quant à la chronologie et à l'étendue de la couverture de glace peuvent aller jusqu'à un mois environ.

La vitesse de progression de la lisière de glace est le facteur le plus important à prendre en ligne de compte pour les activités de forage qui se déroulent près de la lisière de la banquise. C'est en effet ce facteur qui détermine le temps disponible pour faire quitter les lieux à l'installation. Des analyses des vitesses de dérive de la banquise au large du Labrador tendent à indiquer que la vitesse de dérive maximale observée s'établit à 0,8 m/s, les vitesses moyennes se situant entre 0,17 et 0,32 m/s. La plupart des mesures disponibles concernent la banquise; on peut supposer que les floes isolés se déplacent infiniment plus vite. Les mesures de la vitesse de dérive de la glace de mer sur les Grands bancs sont rares; toutefois, on a relevé une vitesse de progression de la lisière de glace vers le secteur Hibernia s'établissant à 277 km par semaine (vitesse moyenne de 0,43 m/s). Normalement, c'est dans le secteur du courant du Labrador, lorsque les vents soufflent en force du nord ou du nord-ouest derrière un système de basse pression, que l'on observe une progression rapide de la banquise sur les Grands bancs. Les cartes des glaces du SEA font état d'une situation de ce genre en mars 1973, alors que le déplacement de la glace de mer vers le sud, par le chenal Avalon, atteignait une vitesse de plus de 50 km/jour (0,6 m/s).

Bien que la glace de mer de première année dépasse rarement deux mètres d'épaisseur par le seul processus de la congélation, les autres conditions présentes dans l'environnement de la banquise peuvent favoriser la formation de floes beaucoup plus épais. Le chevauchement, phénomène par lequel une couche de glace se superpose à une autre, est un facteur qui contribue à l'empilement de la glace mince; quant à la formation d'une crête, phénomène par lequel une ligne de glace brisée est soulevée ou abaissée brutalement sous l'effet d'un contact entre des fragments individuels soumis à une pression, elle peut survenir dans la glace épaisse et causer la formation de floes encore plus épais à mesure que les blocs de glace qui constituent la crête gèlent ensemble. Ce deuxième phénomène se produit surtout dans les zones présentant de fortes concentrations de glaces de diverses épaisseurs et où les floes s'entrechoquent fréquemment. Habituellement, la formation d'une crête survient lorsque les courants pressent la banquise contre la terre ou contre la glace attachée à la terre. De plus, les crêtes ont toutes les chances de conserver leur identité si elles sont formées dans un environnement froid où le mouvement des vagues se fait peu sentir. Pour toutes ces raisons, le phénomène de la formation de crêtes est plus fréquent dans les parties nord de la région à l'étude que sur les Grands bancs.

Des mesures de l'épaisseur des glaces dans la mer du Labrador permettent de déterminer que l'épaisseur moyenne de la glace de première année durant les mois d'hiver se situe entre 0,5 et 3 mètres, l'épaisseur maximale s'établissant à près de 5 mètres. Les mesures des floes de plusieurs années sont peu nombreuses, mais les données disponibles indiquent qu'il est possible que leur épaisseur soit supérieure à 14 mètres. Il n'y a pas suffisamment d'observations représentatives faites sur les Grands bancs pour déterminer les épaisseurs moyenne ou extrême de la glace de mer dans ce secteur.

La répartition des tailles de floes dans la zone à l'étude varie en fonction de la région, de la saison et de l'éloignement par rapport à la lisière de glace. Les plus gros floes, que l'on peut observer dans la baie Baffin et au large de la côte du Labrador au cours des mois d'hiver, peuvent atteindre des dizaines de kilomètres de diamètre et sont composés de floes plus petits qui se sont amalgamés. Comme ces floes se fragmenteraient vite sous l'action de la houle, c'est loin en-deçà de la lisière de glace qu'on les trouve normalement. En hiver, près du bord de la banquise du Labrador, s'étend habituellement une zone de cinq à dix kilomètres de largeur dans laquelle nagent de petits floes fragmentés d'un

diamètre de dix à vingt mètres. Des mesures de la taille des floes faites sur les Grands bancs indiquent que, dans la zone s'étendant à moins de 100 kilomètres de la lisière de glace, la plupart des floes ont un diamètre de moins de 30 mètres. Encore une fois, faute de données suffisantes, il n'est pas possible d'estimer la taille maximale des floes dans cette région.

La glace de mer se mesure aussi en fonction des crêtes, car cet élément de la surface de la glace peut avoir une incidence sur les interrelations entre la glace et l'installation. D'après des données collectées au large du Labrador à l'aide d'un laser de télémesure, la hauteur apparente de la plus grande crête observée atteignait trois mètres. Si l'on utilise un rapport hauteur apparente/tirant d'eau de 3:1/5:1, nous obtenons des épaisseurs de crête maximales se situant entre 12 et 18 mètres. D'après les mêmes données statistiques, la crête typique de cette région atteint une hauteur de 1,5 mètre environ et une épaisseur totale se situant entre six et neuf mètres. On dispose de peu de mesures de la hauteur des crêtes sur les Grands bancs.

Il existe des mesures limitées des propriétés mécaniques de la glace de mer; la plupart ont été faites au large du Labrador et aucune sur les Grands bancs. La solidité de la glace de mer varie principalement en fonction de la température et du volume de saumure. En règle générale, la glace ancienne, c'est-à-dire de plusieurs années, présente une plus grande résistance à la rupture que la glace de première année.

■ *LE GIVRAGE* Le givrage peut être causé soit par des embruns verglaçants ou par les vagues qui s'abattent sur la structure, soit par des phénomènes atmosphériques comme les précipitations verglaçantes, le givre blanc qui se forme dans les nuages, le brouillard et la neige mouillée qui gèle au contact d'une surface. Ces phénomènes, notamment lorsqu'ils se produisent simultanément ou l'un à la suite de l'autre, ont un certain nombre de conséquences directes et indirectes pour les opérations de forage. La charge de glace diminue la stabilité des plates-formes de forage et des navires de soutien; le givre blanc restreint les vols des hélicoptères et des avions; les croûtes de glace augmentent les risques d'accidents sur le pont; et plusieurs de ces phénomènes compliquent l'utilisation de l'équipement de sauvetage, comme les embarcations et les radeaux de sauvetage. Les recherches visant à déterminer les conditions et les charges maximales de givrage pour les navires de service et les plates-formes se heurtent à la carence de données fiables sur l'accumulation de la glace sur les structures offshore.

Les embruns verglaçants, la source la plus courante de givrage, se forment lorsque la température des goutelettes d'embruns descend sous le point de congélation sans que les goutelettes ne gèlent. Lorsque ces goutelettes surfondues entrent en contact avec une surface froide, le givrage se produit. Le taux d'accumulation de la glace formée par les embruns verglaçants est fonction de la vitesse relative du vent, de l'état de la mer, de la température de l'air et de l'eau et des caractéristiques physiques de la structure. Un petit navire, comme un bateau de service offshore, naviguant dans le vent sur la mer libre commencera à causer la formation d'embruns lorsque la vitesse du vent se situera entre 17 et 21 noeuds; il sera aspergé d'embruns quand le vent soufflera à une vitesse de 22 à 27 noeuds. Les embruns issus du sommet des vagues, source première du givrage des installations mobiles de forage offshore, n'ont pas d'incidence majeure tant que les vents n'ont pas atteint des vitesses de l'ordre de 41 à 47 noeuds. L'accumulation de glace causée par les embruns commence à poser un problème lorsque la température de l'air est de $-3°C$ et le taux d'accumulation augmente à mesure que la température de l'air baisse. La formation d'embruns verglaçants tend à régresser à mesure que la température à la surface de la mer s'élève au-dessus du point de congélation, mais des cas de givrage alors que la température de l'eau faisait pas moins de 6 °C ont déjà été signalés.

Les rapports courants de météorologie marine qu'envoient les navires et les installations de forage au large de la côte est du Canada comprennent un minimum d'observations relatives au givrage par embruns. Les renseignements sont toutefois fortement limités en raison du manque de détails, des différences de modalités et du fait que les navires omettent souvent de faire état de ce facteur dans leurs rapports. Le Conseil national de recherches du Canada (CNRC) a tenté de rassembler une série de données de meilleure qualité de 1968 à 1979, mais l'étude n'embrassait qu'une région limitée et dépendait de rapports provenant de bateaux de pêche. Pour compenser la limitation des données, on a élaboré un certain nombre de modèles de prévisions empiriques et théoriques devant permettre de calculer le taux de givrage par embruns de mer à partir de diverses combinaisons de températures de l'air, de vitesses des vents et de températures à la surface de la mer.

Le givrage par embruns de mer pose un problème dans toutes les régions de la zone à l'étude. Le givrage le plus intense survient en février partout, sauf dans les régions où le couvert de glace est saisonnier; à ces endroits, le givrage se produit avant le gel. D'après les prévisions d'une étude réalisée pour le compte de Mobil Oil sur le givrage par embruns sur les lieux de forage d'Hibernia et de l'île de Sable, la fréquence moyenne de givrage intense en février s'établit à 8 pour cent à l'île de Sable et se situe entre 9,5 et 12,5 pour cent dans le secteur Hibernia. L'étude précise aussi quelques paramètres propices aux conditions de givrage le plus intense dans le secteur Hibernia, les conditions globales les pires étant constituées par des vents froids du nord-ouest derrière un système de basse pression, notamment un système bloqué sur la mer du Labrador durant plusieurs jours. L'étude fait état d'une charge de glace maximale potentielle attribuable au givrage par embruns de l'ordre de 549 tonnes, sous réserve d'un certain nombre de présuppositions concernant le type d'installation et la répartition de la glace sur cette dernière.

Les sources atmosphériques des accumulations de glace sur les structures offshore et sur les véhicules de service comprennent les précipitations verglaçantes, le brouillard surfondu (givre dans les nuages) et la neige mouillée qui se transforme en glace. La neige qui s'accumule sur les ponts mais qui ne gèle pas entre aussi dans cette catégorie.

Les sources de données sur le givrage atmosphérique dans la zone à l'étude sont constituées par des rapports météorologiques provenant de navires de passage, des plates-formes de forage et de stations à terre. Aucune d'elles n'est entièrement fiable. Bien que les observations communiquées par les navires de passage constituent le gros de l'information, elles forment rarement un registre continu d'une situation donnée de givrage. Les plates-formes de forage, au contraire, assurent une couverture continue mais donnent peu de détails et conservent peu de registres à long terme. Les rapports des stations terrestres donnent des détails sur les conditions de givrage mais rarement des mesures précises. Dans tous les cas, les rapports seraient plus utiles s'ils faisaient état de mesures de la quantité de précipitations et de l'épaisseur de la glace sur les surfaces ordinaires. Pour contourner le problème que posent les carences de la base de données, on a mis au point diverses méthodes de calcul de l'épaisseur de la glace à partir de la vitesse des vents, de la température de l'air et des précipitations observées.

On estime que les précipitations verglaçantes, c'est-à-dire la pluie ou la bruine verglaçante, se produisent moins de un pour cent du temps – quel que soit le mois considéré – dans le secteur Hibernia, mais on dispose de peu de données sur les autres secteurs. Le givre blanc est causé par le brouillard surfondu qui gèle au contact d'une surface. Vu sa faible teneur en eau, ce type de givrage ne pose habituellement pas de problème sur les plates-formes ni sur les navires, mais il peut en constituer un grave pour les objets qui se déplacent rapidement, comme

les hélicoptères ou les avions. Bien souvent, les prévisions de givre blanc interdisent les sorties aériennes ou forcent les pilotes à changer d'altitude ou à modifier leurs plans de vol. Ce problème peut se poser avec gravité dans les situations d'urgence, alors que les hélicoptères sont incapables de voler en raison du givre blanc ou qu'un aéronef est incapable de changer d'altitude à cause de problèmes mécaniques.

Lorsqu'on calcule la charge de glace sur les navires et les plates-formes de forage, il faut prendre en considération la possibilité que les différents types de phénomènes de givrage se manifestent simultanément ou l'un à la suite de l'autre. Les auteurs d'une étude faite pour le compte de Mobil Oil sur le secteur Hibernia concluaient qu'une situation dans laquelle les embruns de mer, des précipitations verglaçantes et la neige s'associeraient créerait les plus fortes accumulations de glace, qu'il était improbable que ces phénomènes se produisent ensemble mais qu'ils pourraient souvent se produire l'un à la suite de l'autre et qu'ils étaient relativement indépendants (c'est-à-dire que les risques sont minimes qu'une manifestation maximale d'embruns verglaçants soit suivie d'une manifestation maximale de précipitations). Pour déterminer la charge maximale de glace de toutes sources (marine et atmosphérique), on a utilisé la manifestation maximale d'embruns verglaçants à laquelle on a ajouté 50 pour cent de la manifestation maximale de précipitations verglaçantes pour obtenir une charge de glace combinée de 831 tonnes (l'accumulation de neige représentait 17 pour cent de ce chiffre). Les tentatives pour estimer les charges de glace, et notamment les extrêmes ou les phénomènes centenaires, se heurtent au manque de bases de données fiables couvrant 20 ans ou plus et au fait que le gros des données collectées le sont par des navires qui ont tendance à éviter les secteurs où l'on signale du givrage intense. C'est pourquoi l'étude de Mobil Oil identifiait les manifestations les plus fortes plutôt qu'elle ne cherchait à calculer le phénomène centenaire.

Le manque d'observations fiables sur le givrage des bateaux de service et surtout des plates-formes de forage semi-submersibles pose des problèmes aux concepteurs, aux exploitants et aux organismes de réglementation qui doivent estimer et contrôler l'accumulation de glace sur les structures offshore. Aspect d'une importance particulière: le manque de compréhension du phénomène du givrage du dessous des plates-formes, des profils verticaux des degrés de givrage et de l'incidence du givrage sur l'utilisation de l'équipement de sauvetage.

■ *LA GESTION DES GLACES.* Pour les besoins de la pratique actuelle du forage sur la côte est, on présume que l'on repérera la glace à temps de façon à prendre les mesures nécessaires pour assurer la sécurité de l'installation quels que soient les conditions atmosphériques ou le type d'activité de forage en cours. À cette fin, on a mis en place un système de gestion des glaces qui, à ce jour, a donné de bons résultats. On ne signale aucun cas d'avaries graves causées à des installations ou à des navires de service par la glace. Il est toutefois largement admis qu'il y a place pour beaucoup d'améliorations si l'on souhaite conserver un dossier de sécurité impeccable.

Pour les opérations de forage, la glace flottante ne pose un problème appréciable qu'à partir des Grands bancs en allant vers le nord. Au cours des hivers 1982-1983 et 1983-1984, la région des Grands bancs a connu des conditions de glace rigoureuses sans précédent depuis que le forage hivernal a commencé. Des programmes devant permettre de faire face à la situation ont vite été mis au point à partir de l'expérience acquise antérieurement au Labrador, où le forage se pratique dans un environnement de banquise et d'icebergs. Le principle de la chose consiste à éviter tout contact avec la glace. Les programmes comprennent principalement un mécanisme précis de surveillance des glaces, un mécanisme ponctuel de détection des glaces et un ensemble de modalités de détournement des glaces par remorquage ou par balayage avec l'hélice ou de déplacement de l'installation

de forage.

L'efficacité de toute stratégie de gestion des glaces tient à la capacité technique de repérer, de surveiller et de mesurer la glace et son mouvement de façon systématique. Sur chaque installation de forage, un observateur est toujours en poste. On a pu établir de façon concluante un lien entre le rendement du repérage, d'une part, et la formation technique, l'expérience pratique et la vigilance constante des observateurs, d'autre part. Le principal outil de détection à bord est le radar de marine, dont les informations sont enrichies des observations radar et visuelles provenant d'autres sources, habituellement les bateaux et les aéronefs de service. Une fois repérée, la glace est surveillée à intervalles réguliers dans le but d'évaluer l'intensité de la menace qu'elle fait peser et de déterminer s'il y a lieu de prendre les mesures prévues pour éviter la collision. La décision que suppose cette éventualité dépend des facteurs suivants: la distance à laquelle se trouve la glace; la taille et le tirant d'eau de l'iceberg (au regard des dommages pouvant être causés à la tête de puits); la vitesse de dérive, la direction et la trajectoire de la glace; le délai d'immobilisation sécuritaire que suppose le déplacement de l'installation; et les contraintes d'ordre environnemental comme les conditions atmosphériques et l'état de la mer. Les modalités de détermination de l'intensité de la menace reposent sur un schéma de zones d'alerte concentriques dont l'installation de forage constitue le centre.

Les programmes de gestion des glaces font appel à des informations d'importance régionale et d'importance locale. Les données d'importance locale proviennent des observateurs en poste sur les installations de forage; quant aux données d'importance régionale, elles proviennent tout à la fois d'organismes gouvernementaux, d'organismes commandités par l'exploitant et de sources d'occasion. Dans le cas des installations de forage à positionnement dynamique, le contrôle local est habituellement suffisant, car ces installations peuvent se déplacer assez rapidement. Il faut beaucoup plus de temps pour déplacer les installations amarrées et la décision d'interrompre les opérations ou de mettre en marche le processus de déplacement doit être prise peu après que l'iceberg ou la banquise ont pénétré dans la zone de surveillance locale. Comme la dernière ligne de défense de l'installation mobile de forage offshore est son dispositif d'amarrage à dégagement rapide, il importe que ce dispositif soit fiable, facile à actionner et parfaitement maîtrisé. Il faut disposer de données sur les glaces d'importance régionale dans les cas où les installations de forage sont groupées et où une mesure d'évitement comme le remorquage d'un iceberg qui menace une installation pourrait mettre en danger une autre installation.

Bien que les opérations de forage de la zone à l'étude n'aient pas à ce jour connu d'accidents graves mettant en cause les glaces, un certain nombre de problèmes se posent quant à la disponibilité et à la fiabilité des données nécessaires à la prévision des glaces et quant au caractère approprié des dispositifs de repérage des glaces en usage actuellement.

Les icebergs ne font pas de bonnes cibles pour le radar; la portée maximale de repérage est limitée du fait de la faible hauteur de l'écho et le repérage à courte distance est limité en raison de la concurrence des échos de vagues. Des recherches faites à l'aide de différents types de radars ont donné lieu à toute une gamme d'estimations de la capacité de repérage des icebergs qu'affichent ces appareils. De nombreux chercheurs ont constaté que, dans la mesure où la visibilité le permet, la plupart des icebergs sont repérés visuellement avant que les radars de marine n'en retransmettent l'écho et que les icebergs de toutes tailles, mais notamment les bourguignons, échappent souvent à tout repérage.

Grâce à leur capacité de fonctionner de jour comme de nuit et par tous les temps, les radars de visualisation (radar aéroporté à antenne latérale et radar à antenne synthétique) se sont révélés de fort précieux outils de repérage, bien que

la plus grande confusion existe quant à leur capacité réelle de repérage de ce qui constitue essentiellement des cibles ponctuelles. Le radar aéroporté à antenne latérale est affligé d'une limite qui peut se révéler un grave défaut dans un secteur où la circulation est dense, comme sur les Grands bancs: la difficulté de distinguer les navires des icebergs. En revanche, il constitue un instrument idéal pour la reconnaissance de la glace de mer, car il peut distinguer les types de glace et donner des informations précises sur la position de floes de plusieurs années, par exemple, situés au milieu d'une banquise de glace de première année relativement inoffensive. Les essais et l'évaluation de ces appareils et d'autres appareils de repérage se poursuivent.

La mauvaise visibilité, qui limite l'efficacité de la reconnaissance visuelle aérienne et l'observation visuelle à grande distance depuis les installations en surface, pose un problème d'importance sur les Grands bancs. De plus, par grosse mer, les navires de service sont souvent gênés dans leurs mouvements et de ce fait incapables d'accomplir parfaitement leur travail de reconnaissance alors qu'il est le plus nécessaire. L'information fournie par l'équipage des navires de soutien n'est pas toujours fiable parce qu'il n'y a pas à bord de ces bâtiments d'observateurs qualifiés.

Considérée individuellement, chaque méthode de repérage des glaces (aérienne, marine, visuelle et radar) a ses carences. Grosso modo, on utilise, pour la reconnaissance stratégique à grande distance en amont du lieu de forage, un mélange de reconnaissance visuelle à partir d'un aéronef et depuis un navire avec emploi du radar aéroporté à antenne latérale, et, pour la surveillance tactique à courte distance, un mélange de radars de marine et d'observations visuelles faites depuis les plates-formes de forage et les navires de service, qui brossent le tableau de la situation régionale. Même si toutes ces méthodes sont employées de concert, il est possible que de petites cibles passent inaperçues, notamment durant les tempêtes, alors qu'il est d'une importance cruciale de disposer d'information détaillée et exacte.

■ *LA RÉGLEMENTATION* Des normes de conception et de construction des installations, et notamment des installations mobiles de forage offshore, exploitées dans des eaux envahies par les glaces ont été élaborées par les sociétés de classification, principalement pour des questions d'assurances. La Loi sur la prévention de la pollution des eaux arctiques et son règlement d'application, le Règlement sur la prévention de la pollution des eaux arctiques par les navires, stipulent les normes de conception et de construction applicables aux installations évoluant au nord du 60° de latitude nord. Ces instruments divisent l'Arctique canadien en dix régions géographiques et précisent le moment de l'année où une classe donnée de navires peut pénétrer dans une région donnée.

Les *Normes provisoires de conception, de construction et d'exploitation des installations mobiles de forage offshore*, document proposé et publié récemment par la Garde côtière canadienne, exigent le calcul des forces appliquées par la glace et la neige et de l'incidence de l'accumulation de glace et de neige sur la structure de l'installation, mais elles ne précisent ni la méthode à employer pour effectuer ce calcul, ni le degré d'exactitude à atteindre. Les *Normes provisoires* exigent aussi le calcul des charges totales de glace pour les phénomènes centenaires, mais le présent rapport démontre qu'il n'existe pas de données suffisantes sur la plupart des paramètres relatifs aux glaces pour calculer de façon réaliste les phénomènes centenaires.

Ce manque de données à long terme de nature fiable se complique du manque d'expérience des organismes de réglementation pour ce qui est des exigences propres aux opérations de forage d'exploration qui se déroulent dans des milieux facilement envahis par les glaces. Plusieurs pays d'Europe ont énoncé des règles de conception des installations mobiles de forage offshore appelées à être expo-

sées à des conditions climatiques hostiles. Les installations doivent présenter certaines caractéristiques, comme des surfaces sans aspérités pour donner prise le moins possible au givrage des structures, des aires de travail couvertes et des lieux de rassemblement en cas d'urgence et, dans certains cas, un renforcement contre les glaces, bien qu'il n'y ait aucune certitude quant à l'efficacité du renforcement en cas de collision avec de la glace de glacier. Diverses tentatives ont aussi été faites par la Direction générale du pétrole de Terre-Neuve et du Labrador et l'*American Bureau of Shipping* pour coupler les critères de conception aux conditions de glace. Des études théoriques révèlent que les avaries qui seraient causées à une installation mobile de forage offshore par un petit fragment de glace passé inaperçu seraient probablement plus graves que celles que décrivent les Normes provisoires. Là encore, toutefois, aucune expérience à grande échelle n'a été effectuée pour confirmer les constatations initiales.

Les organismes de réglementation s'attardent très peu au fonctionnement de l'équipement d'urgence – bateaux de sauvetage et mécanismes de mise à l'eau – exposé aux embruns ou aux précipitations verglaçantes; en outre, les règlements ne sont guère explicites sur la capacité des embarcations ou des radeaux de sauvetage d'évoluer à travers les glaces de la banquise sans que leur coque ne soit perforée.

■ *CONCLUSIONS* Généralement parlant, on peut conclure que la glace seule constitue rarement un danger pour le forage d'exploration en mer et pour les opérations de soutien, pourvu qu'on ait mis en place de bonnes modalités de gestion des glaces et qu'on les mette en application. Toutefois, les assauts combinés de la glace et d'autres facteurs, comme du mauvais temps ou une panne d'ordre mécanique, peuvent constituer un danger pour les opérations offshore.

L'étude fait état d'un certain nombre de lacunes dans nos connaissances des icebergs. La plus importante concerne l'évaluation de la probabilité et des conséquences d'une collision, par mauvais temps, entre un bourguignon, un *bergy bit* ou un petit iceberg et une structure de forage. Tous les aspects de ce problème sont mal connus, y compris la fréquence de passage de ces icebergs; les méthodes de repérage et de gestion des icebergs, notamment par mauvais temps; le déplacement des icebergs par grosse mer; et les conséquences d'une collision avec une structure ou une installation, étant donné le manque actuel de connaissances sur les forces à l'oeuvre.

Parce que les modalités actuellement en vigueur dans la zone à l'étude commandent que l'installation de forage quittent les lieux en cas d'approche de la glace de mer et parce que la glace de mer est assez facile à repérer, ce facteur ne menace pas la sécurité des personnes.

Bien que le givrage des superstructures des plates-formes de forage et des bateaux de service n'ait pas à ce jour posé de problème majeur dans la zone à l'étude, il y a lieu de déterminer la charge de glace maximale acceptable sur les plates-formes et sur les navires ainsi que son incidence sur la stabilité et sur le fonctionnement de l'équipement de sécurité.

La structure organisationnelle et les modalités de gestion des glaces actuellement en vigueur assurent une protection appropriée contre les risques reliés aux glaces dans la zone à l'étude. Des améliorations notables ont été apportées ces trois* dernières années à l'égard des opérations se déroulant sur les Grands bancs. La recherche et le développement se poursuivent sur de nombreux fronts et le personnel chargé des opérations acquiert de la compétence en matière de détournement des icebergs et de rationalisation des modalités d'alerte et d'abandon. Le gouvernement a pris l'initiative d'un processus de collaboration visant à coordonner l'ensemble des activités de reconnaissance et de gestion des glaces. Les intervenants s'entendent généralement sur la nécessité de poursuivre les recherches sur les systèmes de repérage et de surveillance des glaces*: afin d'éta-

blir un base de données cohérente sur l'environnement physique; afin que les règlements et les lignes directrices soient le fruit de recherches plus solides; et aux fins de la révision et de la normalisation, par un groupe de gestion composé de représentants du gouvernement et de l'industrie, des modalités de repérage et de contrôle des glaces actuellement en vigueur dans la zone à l'étude.

CLIMATOLOGIE MARITIME

Revue des connaissances actuelles dans le domaine de la climatologie marine sur la côte est du Canada

V.R. Swail et L.D. Mortsch
Centre climatique canadien,
Service de l'environnement atmosphérique,
Environnement Canada,
Downsview, Ontario,
avril 1984

La majeure partie du travail accompli en matière de climatologie maritime au Canada est le fait du Service de l'environnement atmosphérique (SEA) du ministère fédéral de l'Environnement. Le SEA participe à la collecte, au contrôle de la qualité et à l'archivage des données, à la mise au point d'appareils, à la prestation d'information et de connaissances spécialisées sur le climat et à la recherche appliquée sur le climat. Les activités de l'industrie pétrolière dans le domaine de la climatologie ressemblent beaucoup à celles du gouvernement pour ce qui est de l'acquisition et de l'archivage des données et de l'élaboration de systèmes; toutefois, beaucoup d'études faites par l'industrie sont propres à un lieu donné et frappées d'un droit de propriété. Les données utilisées dans le cadre des études de climatologie maritime proviennent de nombreuses sources, y compris de navires de passage, de navires météorologiques, d'installations de forage, de bouées, de stations terrestres et de prévisions *a posteriori*. Elles varient considérablement en qualité, en quantité et en applicabilité. La qualité des données dépend des instruments employés ainsi que de la formation et de la motivation de l'observateur. La couverture spatiale des zones marines est médiocre. Les stations terrestres, les bouées et les navires météorologiques sont peu nombreux; les installations de forage ne desservent que des secteurs précis; et les navires de passage suivent surtout des voies de navigation bien définies. La couverture temporelle est fort bonne lorsqu'elle est le fait de stations terrestres et de navires météorologiques, mais sa qualité varie lorsqu'elle est le fait d'autres sources. À l'heure actuelle, les bases de données relevées par satellite ne conviennent à aucun type d'analyse climatologique parce que la couverture qu'elles offrent est à court terme et de nature sporadique.

Pour compenser ces carences, on produit des données de prévisions *a posteriori*, notamment pour le vent. Ces données sont le fruit d'une synthèse de relevés historiques, comme les cartes de la pression en surface et du temps en altitude, pour laquelle on utilise des modèles théoriques de l'atmosphère et de l'océan et que l'on contrôle par rapport à des mesures superficielles de qualité. Les prévisions *a posteriori* sont la source à laquelle on puise le plus souvent pour des applications comme les études de conception et les modèles de houle car aucun des autres jeux de données ne présente la couverture temporelle ou spatiale qui lui permettrait d'être largement applicable. Les données de prévisions *a posteriori* sont portées sur un quadrillage et représentent des périodes de vingt ans ou plus. Il s'agit là du délai idéal pour de nombreuses applications climatologiques, y compris les analyses de la persistance et des valeurs extrêmes, et

pour l'étude de la variabilité dans l'espace et dans le temps. Cela dit, les limites de la taille du quadrillage peuvent faire en sorte que d'importants éléments de petite taille passent inaperçus.

■ *LE VENT* Il est très important de connaître la vitesse, la direction, le profil en fonction de l'altitude et le caractère (par exemple l'intensité de rafale) du vent pour évaluer la menace que représente cet élément. Le vent impose une tension considérable aux installations de forge ainsi qu'aux navires et aux aéronefs de service. Comme cette tension est proportionnelle au carré de la vitesse du vent, les vents extrêmes ont une importance cruciale. Il est peu probable que la vitesse du vent influe à elle seule sur la capacité de survie des installations de forage ou des navires de soutien, mais elle peut constituer un facteur critique pour le fonctionnement des hélicoptères et pour les opérations de sauvetage. Les grands vents peuvent aussi créer de dangereuses conditions de travail sur les ponts exposés. Outre ses effets indépendants, le vent est aussi le principal facteur à agir dans la formation des vagues, lesquelles sont habituellement les causes des charges dominantes que doivent supporter les structures offshore, et il est l'un des principaux facteurs de refroidissement, de formation d'embruns verglaçants et de turbulence mécanique.

Bien que le vent soit le plus étudié des paramètres climatologiques dont il est question ici, une bonne part des travaux auquel il donne lieu porte sur le problème de la formation des vagues, pas sur les tensions que le vent lui-même impose aux structures. Il se fait très peu de recherche visant à décrire le profil vertical du vent dans l'atmosphère maritime, notamment à hauteur d'anémomètre, hauteur qui peut se situer, dans le cas des installations de forage, à 100 mètres au-dessus de la surface de la mer. Mentionnons aussi, comme autres domaines peu étudiés à ce jour, la détermination des facteurs de rafales au-dessus de l'océan, l'incidence potentielle du champ de vagues sur les vents, le rapport entre les vents mesurés depuis des installations de forage et le champ de vent vrai au-dessus de l'eau, la période de base optimale pour les mesures du vent en mer et les raffinements dans le domaine du calcul des vents extrêmes ou nominaux. Globalement, l'actuelle base de données sur les vents n'est pas suffisante pour définir convenablement la variabilité spatiale et temporelle du champ de vent, déterminer l'incidence des structures sur le champ de vent ou les valeurs extrêmes à prévoir.

S'agissant de délimiter avec précision un champ de vent maritime, il existe des domaines de désaccord concernant l'analyse des données sur les vents, désaccords qu'il faudrait supprimer. On ne s'entend pas, par exemple, sur la période devant servir de base de calcul aux fins des applications maritimes. Depuis des années, c'est une moyenne d'une minute qui est la norme. L'Organisation météorologique mondiale préconise l'adoption d'une moyenne de dix minutes alors que les concepteurs préfèrent peut-être un nombre constituant la moyenne d'une minute la plus élevée sur une heure. La hauteur de référence généralement acceptée pour mesurer les vents au-dessus de l'océan est de 19,5 m, bien que les relevés effectivement faits à cette hauteur soient relativement peu nombreux. Le rajustement empirique d'autres mesures à cette hauteur normative peut donner lieu à des incohérences dans les résultats.

Il conviendrait de lancer un programme visant à mesurer, sur plusieurs installations de forage et dans leurs environs, la variabilité du vent dans l'espace et dans le temps et l'incidence de l'installation sur le flux d'air. Cette étude devrait aussi comprendre des mesures expérimentales de la turbulence. Il faudrait examiner l'utilité du radar à haute fréquence et des sondes acoustiques de fond pour la mesure du vent dans les eaux canadiennes. De plus, il faudrait entreprendre des études aux fins d'établir les rapports entre les vitesses des vents relevées en fonction de plusieurs périodes de référence allant de une seconde à six heures. Il faudrait comparer des mesures du vent prises à différentes hauteurs de référence en

fonction de toute une gamme de conditions de stabilité et de vitesses de vents afin de définir des profils de vents pour plusieurs régions, de façon à pouvoir établir des hauteurs de référence et des périodes de base de calcul normatives. Des travaux sont r cessaires pour réviser les techniques d'analyse des valeurs extrêmes et les bases de données sur les vents de la côte est, afin de définir des vitesses de vent nominales acceptables et de déterminer les effets du champ de vagues sur le champ de vent.

■ *LE GIVRAGE* L'accumulation de glace est une source de dangers pour les installations de forage, pour les navires de service et surtout pour les hélicoptères. Il existe peu de mesures du givrage en milieu océanique, notamment pour ce qui est de sa répartition dans le plan vertical; aussi est-il difficile de vérifier les méthodes actuellement employées pour produire des statistiques de givrage ou de mettre au point de nouvelles techniques. En ce qui concerne le givrage d'origine atmosphérique, la plupart des techniques en usage ont été mises au point à terre, de sorte qu'on ne sait pas dans quelle mesure on peut les appliquer au milieu maritime.

Les embruns verglaçants, la plus dangereuse source de givrage, expliquent 89 pour cent des cas de givrage des navires. Une autre tranche de 8 pour cent s'explique par l'action combinée des embruns et des précipitations verglaçantes. En raison du manque de données d'observation sur les embruns verglaçants, la plupart des études de climatologie et de conception reposent sur des prévisions *a posteriori* du «potentiel d'embruns verglaçants», faites à l'aide de l'une des nombreuses techniques empiriques qui existent. Ces modèles établissent un rapport entre des paramètres atmosphériques et océanographiques et le degré de givrage. Certains modèles n'utilisent que la vitesse du vent et la température de l'air. D'autres tiennent aussi compte de la température de la mer en surface, de la hauteur des vagues et de la salinité. Le degré de givrage est habituellement exprimé en catégories: givrage faible, modéré ou fort, car le degré réel de givrage dépend de la direction, de la vitesse et des caractéristiques structurales du navire.

Comme le givrage pose de graves problèmes de sécurité en mer, il conviendrait d'accorder à ce phénomène une importance prioritaire aux fins de l'élaboration de nouveaux programmes. Il faudrait étudier chacun des trois types de givrage (embruns, précipitations, givre blanc) afin d'en déterminer la répartition dans le plan vertical, et en comparer les manifestations et les degrés en fonction des conditions météorologiques et océanographiques qui règnent au moment où ils se produisent. Il serait alors possible d'évaluer les techniques existantes de prévision ou de prévision *a posteriori* du givrage et de mettre au point de nouvelles techniques si besoin est. Il faudrait aussi établir des estimations des quantités totales de glace qui s'accumule suivant que l'on considère, indépendamment ou en combinaison, chaque type de givrage, afin qu'il soit possible d'étudier les effets de charges maximales réalistes.

■ *LA TEMPÉRATURE DE LA MER EN SURFACE* La température de la mer en surface présente de considérables variations dans l'espace, surtout dans les parages du secteur où le Gulf Stream et le courant du Labrador se rencontrent. Les observations provenant de sources classiques ne permettent pas de décrire la nature complexe des schémas en jeu. L'exactitude des mesures de la température de la mer faites depuis des navires ou des installations de forage est considérablement limitée du fait des différences de méthodes et de profondeurs d'eau et de la présence ou de l'absence de sources de chaleur dans le voisinage.

Les dispositifs satellisés actuels sont capables de produire des estimations fiables de la température de la mer en surface à plus ou moins 0,5°C. Cela dit, les éléments sensibles employés sont des radiomètres infrarouges passifs incapables de pénétrer les nuages. La prochaine génération de capteurs sera constituée par le radiomètre à micro-ondes, dont le fonctionnement ne sera pas perturbé par les nuages mais qui y perdra de ce fait beaucoup sur le plan de la limite de résolution

spatiale. Pour l'analyse, la solution optimale consistera peut-être à utiliser en combinaison des données collectées au moyen des deux types de capteurs. L'analyse climatologique de la température de la mer n'est pas possible actuellement, car les archives de données radiométriques sont trop limitées et il n'existe pas d'archives de données collectées par micro-ondes.

■ *LA TEMPÉRATURE DE L'AIR* Les méthodes de mesure de la température de l'air à bord des navires et des installations de forage sont, encore une fois, limitées du fait de problèmes qui découlent de la hauteur des instruments et de la présence de sources de chaleur. La température de l'air ne présente habituellement pas d'importantes variations au niveau d'un secteur donné de l'atmosphère maritime. Par conséquent, il suffit de quelques observations seulement, pourvu qu'elles soient bien réparties, pour rendre compte de la situation dans un vaste secteur de l'océan. Font exception à cette règle les secteurs proches des côtes et du Gulf Stream.

■ *LA PRESSION ATMOSPHÉRIQUE* La pression atmosphérique ne constitue pas en soi une menace à la sécurité, mais il s'agit d'un paramètre très important. En temps réel, elle est indispensable à l'établissement des cartes du temps à partir desquelles sont produites les prévisions météorologiques. Il faut aussi la connaître pour régler l'altimètre des aéronefs. On utilise, pour les études de prévisions *a posteriori* du vent/des vagues, la même carte de la pression en surface qui a servi à faire les prévisions et qui a été analysée. La prévision *a posteriori* rend compte correctement du vent au-dessus de l'eau dans la mesure où les relevés de la pression barométrique sont exacts et où leur couverture temporelle et spatiale est appropriée.

La pression constitue un élément fondamental des rapports de la plupart des navires et de toutes les installations de forage, stations terrestres et stations automatiques. Les stations terrestres mesurent habituellement la pression au moyen du baromètre à mercure. Ailleurs, on tend à utiliser des baromètres anéroïdes.

La pression est un paramètre qui se mesure assez facilement et sans grande dépense grâce à des bouées dérivantes émettant vers un satellite. En règle générale, les mesures sont exactes; il faut toutefois plus d'observations pour les secteurs où les données sont rares. Les bouées dérivantes apporteraient des informations supplémentaires grâce auxquelles la sécurité des installations serait accrue, par le biais de la conception, d'une part, qui pourrait tenir compte de la réalité climatologique, et en leur qualité d'aides à la prévision favorisant une résolution accrue des tempêtes et de dispositifs de pré-alerte dans un secteur où des tempêtes importantes peuvent se former et se déplacer rapidement.

Pour améliorer la situation, il conviendrait de déployer le long de la côte est des bouées dérivantes qui mesureraient quelques paramètres, comme la pression atmosphérique et la température de l'air et de la mer. Il faudrait déployer des bouées amarrées semblables à celles qu'utilisent les États-Unis ou des modèles canadiens analogues sur le plateau continental Scotian et sur les Grands bancs.

■ *LA TURBULENCE* On ne mesure habituellement pas la turbulence; on en fait plutôt une estimation grossière à partir de la vitesse du vent et de mesures de la différence entre la température de l'air et la température de la mer, et ce, au moyen de techniques empiriques. Il existe des instruments qui peuvent mesurer les mouvements réels du vent dans trois dimensions pour une résolution à brève échéance. Il est irréaliste d'envisager de doter un navire de ce genre d'instrument; ce serait aussi inutile, car la plupart des navires n'ont pas de fonctions de soutien d'opérations aériennes. Ces instruments fourniraient toutefois des informations utiles tant pour la conception que pour les applications en temps réel s'ils étaient placés près de l'hélisurface d'une plate-forme de forage. On ne peut appliquer, par extrapolation, les mesures de la turbulence faites à une plate-forme à d'autres plates-formes, car la perturbation du champ de vent varie considérablement en fonc-

tion de la structure de l'installation.

■ *LES TEMPÊTES* S'agissant de la sécurité des opérations offshore, les tempêtes sont naturellement un élément majeur à prendre en ligne de compte. Beaucoup d'études ont été faites sur la fréquence et sur la trajectoire des systèmes de basse pression en déplacement, y compris sur les tempêtes tropicales et sur les ouragans. La plupart d'entre elles reposaient sur des ensembles de cartes du temps historiques, soit sous leur forme originale, soit sous forme numérique. Ces cartes accusaient souvent un manque de données, notamment dans les secteurs présentant une couverture de glace importante. Cet état de choses peut donner lieu à une mauvaise estimation de la localisation, de l'intensité et du mouvement des tempêtes et peut même faire que des tempêtes soient omises. Cela peut notamment se produire dans le cas des fortes tempêtes à petite échelle qui se produisent parfois au large de la côte est du Canada.

Depuis quelques années, les satellites sont d'une aide considérable pour le repérage et la localisation des tempêtes. Les futurs systèmes satellisés, doués de la capacité de déterminer le champ de vent, seront d'une aide encore plus grande à cet égard. Les bouées contribuent aussi au repérage des tempêtes. Le déploiement de bouées amarrées à capteurs multiples et de bouées dérivantes sensibles à la pression dans les régions où les données sont rares serait aussi des plus utiles, tout comme le serait l'aménagement de stations automatiques dans des régions terrestres éloignées, comme le nord de la côte du Labrador. Les informations supplémentaires qui pourraient ainsi être recueillies amélioreraient la climatologie des tempêtes, certes, mais elles seraient aussi utiles en temps réel, pour l'annonce de tempêtes et comme apport aux prévisions météorologiques opérationnelles.

■ *LES NUAGES* Deux aspects des nuages sont particulièrement importants en climatologie maritime: la nébulosité totale et la hauteur du plafond (c'est-à-dire l'altitude à laquelle la couverture nuageuse totale est d'au moins cinq huitièmes). Les stations automatiques et les satellites sont doués de la capacité de déterminer la nébulosité et la hauteur, bien que les appareils satellisés capables de déterminer la base des nuages en soient encore au stade de la mise au point. Certaines stations automatiques sont dotées de célomètres, appareils légers qui mesurent l'altitude de la base des nuages. Pour améliorer le processus de collecte de données sur les plafonds nuageux, sur les endroits les plus susceptibles d'être envahis par le brouillard et sur les conditions générales de visibilité, il faudrait monter des stations automatiques sur les navires et sur les installations de forage chaque fois que c'est possible.

■ *LA PLUVIOSITÉ* Les observations de la pluviosité en mer consistent la plupart du temps en des estimations visuelles de la pluie, que l'on qualifiera de légère, modérée ou forte. L'actuelle base de données sur l'intensité de la pluie convient bien aux besoins des régions du sud, car il y a de nombreuses stations terrestres dotées de pluviographes. L'appareil de l'île de Sable, notamment, donne une bonne estimation de la pluviosité nominale sur le plateau continental Scotian. En outre, il existe plusieurs emplacements à la périphérie du golfe Saint-Laurent qui peuvent servir de lieux de collecte de valeurs nominales. Toutefois, pour desservir les eaux de Terre-Neuve et les régions situées plus au nord, les pluviographes sont peu nombreux et les résultats ne sont guère applicables par extrapolation aux zones offshore, du fait qu'une bonne part des précipitations est causée par la géographie superficielle du terrain ou modifiée par elle.

Quelques installations de forage ont récemment entrepris de mesurer la pluviosité de six heures; les observations ainsi effectuées n'ont toutefois pas été incluses dans les archives numériques. Les données produites, bien qu'elles soient les meilleures actuellement disponibles, n'en restent pas moins de qualité douteuse du fait de la rareté des endroits dégagés où placer le pluviographe. Il existe fort peu d'information sur l'intensité des pluies fortes et de courte durée susceptibles

d'influer sur le drainage et sur les transmissions radio.

■ *CONCLUSIONS* Le principal facteur à gêner notre compréhension de l'environnement maritime est le manque généralisé de données de base sur tous les paramètres. En conséquence, beaucoup d'analyses importantes ne peuvent pas être faites; quant à celles qui sont faites, elles sont dans certains cas de qualité douteuse. Pour corriger la situation, il faudrait améliorer le processus d'acquisition des données en mettant au point de nouveaux programmes ou en élargissant ceux qui existent.

Le recours aux dispositifs sur satellite capables de mesurer les paramètres atmosphériques et océanographiques doit être soutenu. En ce domaine, les diffusiomètres, qui mesurent le vent, et les capteurs à micro-ondes, qui prennent la température de la mer en surface, sont d'une importance particulière. Les données retransmises par satellite devraient être archivées sous forme numérique. Il convient d'évaluer les ensembles de données de prévisions *a posteriori* en regard des données de surface mesurées de bonne qualité. Si l'on ne peut identifier d'ensembles appropriés, il faudrait produire un nouvel ensemble proprement canadien. Des réseaux de bouées dérivantes fourniraient les données sur la pression indispensables à l'analyse des cartes de la température en surface sur lesquelles reposent les prévisions *a posteriori*, afin de déterminer avec précision la position et l'intensité des tempêtes cycloniques. Ces cartes améliorées favoriseraient aussi les prévisions du temps et des vagues. Il faudrait, chaque fois que c'est possible, doter les navires et les installations de forage de stations automatiques de bord; de plus, il faudrait installer des stations automatiques retransmettant par satellite en divers emplacements côtiers éloignés.

Très peu d'études ont été faites sur les effets de facteurs agissant en combinaison. Ce ne sont pas forcément les valeurs maximales de ces facteurs qui causent les charges maximales. Les conditions de résonance ou les différences de stabilité peuvent donner lieu à une autre combinaison de facteurs encore plus critique. Une combinaison de faible visibilité et de vagues ou de vents forts, par exemple, peut causer des problèmes qu'aucun des facteurs ne pourrait causer seul. Il faudrait étudier diverses combinaisons de ce genre pour les plages d'opération critiques et en calculer les fréquences.

De même, fort peu d'études ont été faites sur les ramifications des conditions météorologiques aux stations terrestres de soutien. Ces conditions peuvent influer sur les opérations et, chose plus importante encore, sur la capacité d'intervention d'urgence. Il faudrait établir une corrélation entre les conditions difficiles pouvant forcer l'évacuation d'une installation de forage et des conditions comme le temps propice au vol (plafond, visibilité, givrage) aux stations de recherches et de sauvetage les plus proches. Il est toujours important de prendre en considération le temps propice au vol aux stations terrestres de soutien, car la nécessité d'évacuer ne surgit pas forcément qu'en cas de mauvais temps dans le secteur de l'installation. Des études de la persistance de ces facteurs devraient être incorporées aux plans d'aménagement de toute station de soutien.

Les relevés climatologiques, les plans d'intervention d'urgence et les énoncés d'incidences publiés ne présentent habituellement rien d'autre que de l'information sur la fréquence de quelques paramètres de base. Afin d'évaluer convenablement et de décrire les risques qui menacent la sécurité des personnes, il faudrait faire d'autres analyses sur les sujets suivants:

- persistance, valeurs extrêmes et facteurs de rafale des vents;
- analyse de la persistance des plafonds bas et de la visibilité faible;
- fréquence et persistance des conditions de givrage pour chacun des trois types de givrage;
- fréquence des orages et des pluies fortes;

- températures minimale et maximale de l'air, persistance des maximums et des minimums, fréquence et extrêmes du refroidissement dû au vent;
- sommaires statistiques de la répartition, de la fréquence, de la persistance et de l'intensité des tempêtes cycloniques;
- fréquences conjointes des combinaisons dangereuses, comme les vents forts et la faible visibilité survenant en même temps;
- fréquence et persistance des conditions météorologiques défavorables, notamment les conditions de vol, pour toutes les stations terrestres de soutien, indépendamment des conditions défavorables sur les lieux de forage et en combinaison avec elles.

SERVICES DE PRÉVISIONS MÉTÉOROLOGIQUES

Services de prévisions météorologiques pour la région offshore du Canada, partie 1: organisation des organismes responsables et pratiques actuelles; et partie 2: étude de la valeur des services de prévisions.
Seaconsult Limited,
Saint-Jean, Terre-Neuve,
août 1984

■ *ORGANISATION* Au Canada, c'est au Service de l'environnement atmosphérique (SEA) qu'il incombe d'assurer les services de prévisions météorologiques. Son champ d'activité comprend les prévisions marines et aéronautiques ainsi que les prévisions destinées au grand public. Aux termes de la réglementation régissant le forage offshore, les exploitants ont été tenus de s'assurer par contrat des services de prévisions météorologiques pour des lieux et des itinéraires précis. Dans le secteur offshore de l'est du Canada, ces services ont été fournis par des entreprises du secteur privé qui s'occupent précisément de ce genre de besoins. Elles étaient tenues, aux termes des règlements applicables, de compter parmi les membres de leur personnel des personnes répondant aux critères de compétence du SEA. Tous les organismes concernés sont par conséquent étroitement reliés et les prévisions qu'ils livrent sont fort semblables. Ils basent leurs pronostics sur la même masse d'informations provenant de l'organisation du SEA et ils abordent le processus de prévisions météorologiques en appliquant les mêmes principes et en employant le même équipement.

Malgré les ressemblances fondamentales entre les prévisions, leur présentation diffèrent de façon notable selon qu'elles proviennent de sources privées ou du SEA. Les services privés ont tendance à adopter un mode de présentation plutôt scientifique des paramètres relatifs aux vents et à l'état de la mer en fonction de périodes de référence évoluant par tranches de six heures. Il est alors tentant d'attribuer à leurs prévisions l'exactitude de l'observation et de les considérer comme plus exactes qu'elles ne le sont en réalité. Comme on a pu le constater à la faveur de contrôles des prévisions des éléments quantitatifs relatifs à des tempêtes (vent, état de la mer, visibilité, etc.), l'exactitude des prévisions diminue graduellement alors que la période de validité tend vers 24 heures et elle chute radicalement au-delà de 48 heures. Il s'ensuit que les paramètres à longue échéance présentent un caractère d'incertitude considérable, surtout pour les périodes de validité supérieures à deux jours; il faut en tenir compte lorsqu'on utilise ces prévisions pour prendre des décisions ayant une incidence sur les opérations offshore.

Les paramètres ou éléments météorologiques et océaniques qui forment actuellement la base des données de prévisions sont la vitesse et la direction du vent, la hauteur et la période des vagues, la température, la pression, la visibilité et les embruns verglaçants. Ces paramètres sont présentés de façon descriptive ou numérique, ou les deux, et couvrent une région ou un point de l'océan, avec des reports réguliers de la période de validité, qui s'établit habituellement à six ou douze heures.

■ *LE CONTENU* La valeur informative des prévisions est très faible si l'on considère la quantité de données de pronostic qu'il a fallu utiliser pour les produire. Il serait possible d'augmenter la valeur informative du contenu en s'intéressant par exemple aux spectres de houle. Les paramètres relatifs à l'état de la mer sont habituellement indiqués sous la forme d'un composant vent-mer et de deux composants de houle. Les valeurs sont additionnées pour donner un facteur combinant hauteur, période et direction de la houle. Il n'existe pas de processus paramétrique de prévision *a posteriori* qui permette véritablement d'établir le modèle physique des mers houleuses du passé, et, à ce jour, les modèles discrets à grande échelle des spectres de houle – qui permettraient de déterminer approximativement la propagation des composants de houle – ne sont pas utilisés au Canada pour la prévision des vagues. Par conséquent, les deux composants de houle prévus sont dans une large mesure dépourvus de signification et le mieux qu'on puisse faire est d'interpréter la hauteur de mer combinée comme étant à peu près équivalente à une hauteur de vague significative dont la valeur moyenne a été établie sur la période de validité de la prévision. Ainsi, les prévisions de l'état de la mer publiées par des firmes privées comportent habituellement l'équivalent d'une hauteur et d'une période de houle et un indicateur sommaire de la direction pour représenter un lieu donné en mer. La hauteur de houle maximale n'est qu'une extrapolation statistique de la première valeur et elle n'augmente pas la valeur informative de la prévision. Ce pronostic est mis à jour toutes les six heures. En cas de tempête, ce sont les données minimales qu'il faut posséder pour évaluer le mouvement prévu d'une installation de forage flottante. On en arriverait à une analyse de mouvement plus fiable si l'on partait de spectres de houles prévus calculés à partir de modèles bi-dimensionnels avec un saut de temps d'une heure. Ces spectres résoudraient les houles croisées et les changements rapides dans la croissance des houles quand les tempêtes atteignent une intensité maximale en des lieux précis. Ainsi, la présentation de spectres convenablement calculés, à la différence des hauteurs et des périodes de houles, entraînerait une augmentation significative de la valeur informative des prévisions de l'état de la mer.

Le contenu des prévisions présente d'autres limites qui sont attribuables aux lacunes de la technologie de prévision disponible. Pour des raisons qui tiennent à la rareté des points d'observation en milieu océanique et à une compréhension incomplète de la physique atmosphérique, les prévisions traitent des changements du temps à l'échelle synoptique, sur des distances supérieures à 200 à 300 kilomètres et des périodes de deux à trois jours. Les phénomènes de moindre envergure, à moyenne échelle, qui produisent parfois les conditions les plus rigoureuses malgré leur brièveté, ne sont pas compris dans les paramètres de préparation. Accroître la valeur informative et de ce fait l'efficacité des prévisions, en incorporant, par exemple, des spectres de houles ou des processus atmosphériques à moyenne échelle, supposerait d'apporter des changements fondamentaux aux actuelles techniques d'acquisition et de présentation des données.

■ *LA PRÉSENTATION* Les prévisions sont présentées de façon très rudimentaire, tous les paramètres étant indiqués pour les mêmes périodes de validité et transmis par télécopieur ou par radio. Dans les cas où les utilisateurs reçoivent des cartes d'analyse et des photos spatiales par appareil fac-similé, les pronostics peuvent être complétés d'information actuelle sur la structure spatiale des systèmes météorologiques. On n'utilise pratiquement pas l'affichage graphique en couleur qui présente des pronostics bi-dimensionnels mêlés de données d'observation comme des photos spatiales et des images de radar météorologique. Si l'on considère les possibilités de transmission actuelles, un système informatisé de diffusion des prévisions permettrait, par exemple, d'illustrer le comportement dynamique des systèmes de tempête dans le passé puis de faire une projection dans l'avenir, afin d'isoler et de prévoir les phénomènes à petite échelle qu'ils recèlent, ainsi que

de présenter des prévisions régionales et locales rapidement et de façon interchangeable. Cette façon de procéder permettrait d'établir des pronostics à brève échéance qui véhiculeraient de l'information détaillée et qui alterneraient avec des présentations à plus longue échéance et moins détaillées.

■ *LE CONTRÔLE* Le contrôle des prévisions maritimes fournies par des firmes privées est un processus bien établi qui procure beaucoup d'information quant à la qualité des prévisions. Les programmes actuels, toutefois, sont plutôt de nature statistique et font disparaître le lien entre l'évolution de la tempête et la nature des erreurs de prévision des phénomènes durs. Le contrôle courant des prévisions au moyen de techniques d'analyse de séries chronologiques pour illustrer le rapport entre les erreurs d'ampleur et de chronométrage serait aussi utile. Tout aussi utile serait une analyse des conséquences pour les opérations offshore de divers types de phénomènes mal prévus, comme par exemple l'intensité maximale d'une tempête annoncée pour plusieurs heures avant ou après le moment où celle-ci l'atteindra effectivement. Du fait que le processus de prévision repose sur la manipulation de systèmes météorologiques synoptiques observés ou prévus, l'analyse après-coup des phénomènes particulièrement difficiles ainsi que la mise au point d'un mécanisme officiel de transfert de l'expérience ainsi acquise à tout le personnel prévisionniste seraient utiles et doivent être examinées de plus près. Le but de cette démarche devrait être d'améliorer les modalités et d'intégrer l'information.

■ *ÉTUDE DE LA VALEUR DES SERVICES DE PRÉVISIONS* L'expérience pratique des activités dans les eaux de l'est du Canada a permis de dégager, il y a longtemps déjà, les conditions météorologiques défavorables qui constituent une menace pour la sécurité des personnes. Deux de ces conditions sont particulièrement importantes: les grosses tempêtes d'hiver qui mettraient en danger l'installation de forage et tout son équipage et le brouillard qui rend l'emploi de l'hélicoptère hasardeux. Ces deux situations exigent deux types fort différents d'information de prévision.

Les exploitants doivent disposer de prévisions à longue échéance des grosses tempêtes d'hiver afin de pouvoir prendre les mesures prévues pour assurer la sécurité du puits et celle de l'installation de forage ou pour déclencher l'abandon de cette dernière. Des prévisions à longue échéance sont fournies qui décrivent des éléments météorologiques comme les vents et l'état de la mer pour une période de validité et avec une résolution suffisantes. La communication de l'information se fait efficacement et en temps opportun grâce aux méthodes de breffage personnel qui sont employées, en cas d'alerte en particulier. Toutefois, les prévisions d'éléments qui concernent la période qui s'étend au-delà de 12 à 18 heures tendent à être incertaines. Il s'ensuit que, s'agissant d'indiquer si une tempêtre produira des vents locaux supérieurs à certains seuils, la prévision sera aussi caractérisée par l'incertitude. La pratique adoptée pour faire face à cette incertitude consiste à surveiller l'évolution de la tempête, en considérant une période de 48 à 72 heures, par exemple, et qui s'amenuisera jusqu'à s'établir à une tranche de 18 à 24 heures, pour en arriver à l'évaluation la plus sûre possible de la nécessité d'abandonner la plate-forme.

Cette surveillance peut fort bien se solder par la perte d'un délai sûr d'évacuation de tout le personnel. Il faut alors envisager de laisser le personnel à bord. Tous les exploitants n'abordent pas de la même manière ce problème de la durée de la surveillance, surtout que l'abandon est coûteux et comporte ses propres dangers et que les tempêtes suscitant des vents de plus de 85 noeuds sont extrêmement rares. Bien qu'on puisse s'attendre à des variations d'une tempête à l'autre, la situation décrite ci-dessus constitue selon toute probabilité le pire des cas: le cas d'une tempête d'hiver si forte qu'elle est en soi la cristallisation du danger. Mais même alors, pour les exploitants, la mesure consistant à immobiliser le puits et la plate-forme, à laisser le personnel à bord et à attendre que la tempête

passe, constitue une façon acceptable d'assurer la sécurité des personnes. Elle est en outre compatible avec le principe, inscrit dans les règlements, de la sécurité assurée en fonction d'un risque perçu de niveau acceptable. Étant donné que les services de prévisions météorologiques fournissent l'information nécessaire à l'exécution des plans d'intervention et que ceux-ci sont réputés être le moyen d'assurer la sécurité en cas de tempête, alors les services de prévisions, tels qu'ils existent actuellement, sont appropriés.

■ *LE VOL DES HÉLICOPTÈRES* La planification du vol des hélicoptères requiert une connaissance précise de la vitesse et de la direction du vent et des pronostics de la visibilité au lieu de destination afin d'optimaliser la consommation de combustible et la répartition des charges tout en ménageant un facteur de sécurité acceptable pour un voyage aller-retour sans ravitaillement en combustible en cours de route. Les prévisions à cet égard sont fournies aux pilotes par le SEA au cours de breffages personnels dans les bureaux de présentation. La communication entre les pilotes et le personnel chargé de la présentation au SEA est excellente. Tous les gens concernés connaissent par expérience les besoins en matière de météorologie et les particularités des données de prévision maritimes et ils se ménagent une marge d'erreur dans leurs décisions.

L'heure de diffusion des prévisions météorologiques à l'intention des pilotes pose un problème. Le passage à l'heure avancée à Terre-Neuve et le fait que l'horaire des départs de Saint-Jean est établi avant 7 h (heure avancée de Terre-Neuve) peuvent obliger à employer les prévisions maritimes publiées à 0 h 30 GMT ou 22 h (heure avancée de Terre-Neuve), au lieu des prévisions plus récentes de 6 h 30 GMT. Il se peut par conséquent que la description synoptique et les pronostics de vent et de visibilité soient inexacts. Il serait facile de corriger la situation en retardant les départs de Saint-Jean jusque vers 9 h (heure avancée de Terre-Neuve) ou en améliorant le transfert des données aux pilotes à ce moment de la journée. Tout bien pesé, cependant, les services de prévision actuels sont considérés comme convenables pour les besoins des vols d'hélicoptère durant la saison du brouillard.

■ *LA VALEUR DES SERVICES DE PRÉVISIONS* Notre étude des services de prévisions météorologiques destinés aux groupes qui poursuivent des programmes de forage d'exploration indique que les besoins de l'industrie à cet égard et dans l'optique d'assurer la sécurité des personnes sont satisfaits. Le processus d'intervention d'urgence en cas de tempête majeure, éventuellement accompagnée de problèmes liés au puits, à l'installation ou à la glace, est techniquement et logistiquement complexe. Les services mis en place par l'industrie assurent la disponibilité des données météorologiques qu'il faut posséder pour décider de l'immobilisation ou de l'abandon de l'installation. D'ailleurs, des modalités d'intervention clairement définies tiennent compte des limites des données de prévision et visent à s'en accommoder de la façon la plus rationnelle.

La plus importante limite des données météorologiques concerne la fiabilité d'éléments particuliers comme la vitesse du vent ou la hauteur des vagues. Tant au Canada qu'aux États-Unis, les services météorologiques nationaux apportent sans cesse des améliorations qui accroissent l'exactitude de leurs prévisions et qui profiteront à l'industrie lorsqu'elles seront devenues opérationnelles. La prévision du temps est une science très complexe qui exige beaucoup d'expérience et de jugement; les organismes qui assurent actuellement ce genre de service emploient les techniques les plus avancées et il n'y a pas de disparité majeure entre les services nationaux du Canada ou des États-Unis et les entreprises privées de prévision qui assurent des services d'importance locale à l'intention des exploitants. Il semble que les sociétés pétrolières reçoivent la meilleure information possible.

■ *LES POINTS À AMÉLIORER* Dans un certain nombre de domaines, des améliorations pourraient être apportées au système qui entraîneraient, peut-on penser,

divers avantages, dont une plus grande exactitude des prévisions et une plus grande confiance lorsqu'il s'agira de faire face à des conditions météorologiques défavorables.

En milieu maritime, la validité des prévisions de tempête tient à l'acquisition en temps opportun de données exactes. Le déploiement de bouées attachées qui retransmettraient par satellite des données sur la pression, la température et éventuellement les vents améliorerait les prévisions des éléments. Disposer ces appareils dans les eaux canadiennes permettrait d'obtenir des prévisions à court terme (jusqu'à 24 heures) plus fiables pour les zones de forage; on en a eu la preuve à la faveur d'un programme expérimental organisé par le SEA au cours de l'hiver 1983-1984 au large de la côte est. On pourrait aussi espérer une plus grande exactitude des prévisions de tempêtes à longue échéance (de 24 à 48 heures) si l'on déployait des bouées le long de la côte est des États-Unis; ces appareils donneraient plus tôt un meilleur aperçu du comportement des systèmes météorologiques avant qu'ils n'atteignent les eaux canadiennes. Des améliorations apportées parallèlement à la surveillance des vents en altitude susciteraient aussi une plus grande exactitude de la prévision de la trajectoire des tempêtes et par conséquent des vents locaux. Ces données «d'amont» seraient fort précieuses pour l'établissement des modèles numériques de prévision météorologique, qui sont si importants pour les pronostics à longue échéance.

Les programmes de surveillance de cette nature sont coûteux et, sur le plan de la logistique, complexes, tant pour entretenir les instruments que pour faire en sorte que les données soient correctement introduites dans le réseau de diffusion. La meilleure façon d'agir consiste probablement à faire appel à un programme mixte entre le gouvernement et l'industrie qui reconnaîtrait les avantages dont bénéficieraient tous les utilisateurs de prévisions maritimes.

Les méthodes de présentation des prévisions doivent être améliorées. Les plans d'intervention d'urgence en cas de détérioration des conditions météorologiques exigent la participation active du responsable de l'installation de forage et du directeur des forages. Le personnel en mer doit agir en fonction de son propre jugement et de l'interprétation du temps communiquée en audio par les gens à terre. Les prévisions peuvent parvenir à l'installation, en clair, sous toutes sortes de formes. Le personnel en mer doit alors ou bien opérer un tri dans toute la masse de données et interpréter ces dernières de manière à mieux saisir les phénomènes à venir, ou bien s'en tenir strictement aux prévisions d'éléments transmises par la firme sous contrat, lesquelles prévisions brossent un tableau beaucoup plus restreint. Placé devant ce choix, l'équipage a souvent pour réaction d'attendre de l'observateur météorologiste qu'il fasse office de prévisionniste, fonction dont il ne possède habituellement pas les qualifications.

Ces problèmes pourraient se régler si l'on améliorait la technologie de présentation et si l'on mettait le personnel de l'installation de forage en contact audiovisuel avec le bureau de prévisions à terre. Dans un premier temps, on pourrait utiliser la technologie de la télévision tout simplement pour relayer des données et des communications. À un niveau supérieur, la technologie du traitement numérique de l'image et des logiciels de manipulation permettrait d'illustrer la formation des tempêtes et l'évolution prévue ainsi que les prévisions d'éléments, le tout doté d'une capacité de dialoguer. Le but de cette démarche consisterait à donner à l'information destinée à l'installation les formes les plus significatives et à assurer une circulation constante de l'information entre le prévisionniste, le bureau de coordination d'urgence à terre et l'installation de forage. Elle supprimerait aussi la nécessité d'imposer au personnel d'observation des demandes indues.

Des entrevues avec des membres d'équipages maritimes et des coordonnateurs environnementaux ont permis de relever un désir d'une formation plus poussée. Celle-ci pourrait prendre la forme de brefs cours spécialisés portant sur les

éléments météorologiques, sur l'état de la mer, sur les glaces et les courants que l'on peut observer dans les eaux de l'est du Canada, sur les méthodes de préparation et de diffusion des prévisions, sur l'équipement de surveillance et sur les modalités d'intervention. Les personnes interrogées ont indiqué qu'elles avaient reçu une certaine formation en météorologie et sur les vagues, mais que celle-ci était trop générale, puisqu'elle présentait un aperçu global sans s'attacher aux caractéristiques particulières d'une région donnée. Les responsables au sein des sociétés pétrolières ont estimé qu'il serait avantageux de prévoir des exposés spécialisés sur tous les facteurs environnementaux qui influent sur les opérations.

En ce moment, au Centre météorologique canadien, on procède à une vérification de toutes les prévisions à l'aide de cotes SI, qui ne donnent qu'une moyenne très sommaire du rendement. Il conviendrait de vérifier les prévisions des éléments au-dessus de la mer au moyen d'une méthode d'analyse de séries chronologiques, en adoptant une procédure commune avec les firmes privées en vue de déterminer le degré d'exactitude des prévisions de 24 et de 72 heures et d'identifier les systèmes météorologiques difficiles à prévoir avec certitude. Ce processus aurait notamment pour résultat de favoriser une meilleure compréhension des pronostics à longue échéance transmis par le SEA aux utilisateurs.

Il n'existe pas de processus cohérent de contre-vérification des prévisions entre les firmes privées et les divers paliers du SEA. Les sociétés privées de prévision pourraient élargir leurs modalités actuelles de manière à considérer un plus grand nombre de tempêtes cas par cas suivant une série chronologique. On pourrait ainsi savoir si les erreurs qui marquent les paramètres prévus sont attribuables à de mauvaises estimations de l'intensité, de la position, de la vitesse de progression d'un système météorologique donné, ou encore des trois paramètres. Les méthodes statistiques actuellement employées ne facilitent pas ce genre d'examen des pronostics.

À l'heure actuelle, dans beaucoup de pays, les prévisions de l'état de la mer font appel à des modèles spectraux couplés à des systèmes de prévision numériques du temps. Ce n'est pas le cas au Canada, où l'on emploie plutôt des modèles paramétriques de la hauteur de vague significative. Les services de prévision du Canada donnent maintenant des hauteurs de vague associées à la mer houleuse et à la mer de vent, leur direction et une hauteur de vague maximale combinée. Il n'est pas encore clairement établi si, pour une information de ce niveau, les modèles spectraux les plus poussés donnent des résultats plus exacts. Les exploitants, et notamment les équipages à bord des installations de forage et des navires de service, ont exprimé la crainte de recevoir de l'information complexe sur les vagues, qu'ils auraient de la difficulté à comprendre. En fait, ils étaient d'avis que les paramètres actuellement utilisés convenaient passablement à leurs besoins, qu'ils étaient familiers et «raisonnablement exacts».

La modélisation spectrale de l'état de la mer, systématiquement liée à des champs de vent prévus selon une méthode numérique, est toutefois avantageuse pour l'exploration offshore, sinon en élargissant dès maintenant les paramètres de prévision, du moins grâce à ses autres avantages. Parmi ces derniers, mentionnons le traitement plus correct et plus exact du point de vue de la physique de la houle; un processus plus exact du point de vue de la physique de propagation des vagues de tempête de concert avec le système météorologique d'origine (prévision des houles croisées); et une base de données climatologiques s'établissant à partir des champs d'analyse, qui élargirait les connaissances sur l'état des vagues dans des secteurs actuellement mal connus. Pour toutes ces raisons et aussi pour le bénéfice des utilisateurs autres que les sociétés pétrolières et gazières, il y a lieu d'envisager sérieusement la mise au point de modèles avancés de formation des vagues pour les eaux de l'est du Canada.

CLIMATOLOGIE DES VAGUES

Évaluation des connaissances actuelles dans le domaine de la climatologie des vagues au large de la côte est

J.R. Wilson, Services des données sur le milieu marin
W.F. Baird, W.F. Baird and Associates
Ottawa, Ontario,
juin 1984

On ne comprend pas encore très bien la dynamique de formation d'un champ d'ondes sous l'action du vent, ni celle de sa propagation dans les océans; il s'agit d'un phénomène très complexe qu'on ne peut actuellement décrire qu'à l'aide de données numériques reposant, dans bien des cas, sur des hypothèses simplistes.

Les vagues sont formées par l'action complexe du vent soufflant fortement sur la surface de la mer. Elles s'amplifient en fonction de la vitesse ou célérité du vent, de sa durée et de sa course (distance sur laquelle le vent souffle). La propagation des ondes n'entraîne à peu près aucun déplacement de la masse d'eau sauf lorsqu'une vague se brise. Ainsi, un petit objet flottant décrit un mouvement circulaire à mesure que l'onde s'éloigne; le diamètre du cercle est égal à la hauteur de l'onde et le temps nécessaire pour décrire le cercle correspond à la période de l'onde. Une onde simple a une durée limitée, elle croît lentement en hauteur, puis décroît à mesure qu'elle s'éloigne.

Les vagues formées localement sous l'action du vent ne se déplacent pas toutes dans la même direction; leur déplacement s'inscrit toutefois dans un rayon de 45° de part et d'autre de la moyenne. À mesure que les vagues s'éloignent de la zone d'influence du vent qui les a générées, leur période augmente et leur crête s'allonge. Ces vagues constituent ce que l'on appelle la houle. La pente ou la cambrure de la partie avant de la vague peut être plus abrupte que celle de sa partie arrière. Si cette pente est très abrupte, il se forme un brisant, c'est-à-dire une masse d'eau qui déferle en écume à une vitesse plus grande que celle de la vague elle-même, et la précède. Dans des conditions de mer très difficiles, les vagues peuvent atteindre une hauteur d'au moins 40 mètres, une période de 18 secondes et une longueur d'onde de 500 mètres. Les houles peuvent avoir une période et une longueur d'onde plus longue, mais leur hauteur est cependant plus faible.

La climatologie des vagues est un domaine qui intéresse un grand nombre d'organismes qui s'intéressent à l'exploration pétrolière et gazière offshore, par exemple, les exploitants, les entrepreneurs de forage, les concepteurs et les constructeurs d'installations, les sociétés de classification, les organismes de réglementation, les consultants et les laboratoires de recherche. Dans le but d'évaluer l'intérêt respectif de chacun de ces groupes pour les données sur les vagues, on a compilé tous les documents publiés sur le sujet, en particulier les manuels définissant les caractéristiques de conception et les normes et règlements des sociétés de classification. Cette documentation a par la suite été complétée par des entrevues avec les représentants des organismes consultés ou par une correspondance échangée avec eux. Tous ont souligné la nécessité d'améliorer, tant en qualité

qu'en quantité, les données accessibles en ce domaine au Canada. La rapidité de diffusion de ces données devrait être établie en fonction du lieu d'activité, de la structure et des responsabilités des organismes concernés. Quelle que soit leur sphère d'activité – conception, classification ou réglementation – aucune de ces organisations n'a relevé de limites aux méthodes actuelles d'obtention et d'analyse des données sur les vagues, ou d'application de ces données à des pratiques de conception qui déboucheraient sur la construction de structures non sécuritaires, de structures beaucoup trop complexes, ou encore sur des problèmes d'exploitation reliés à de telles structures. Des travaux de recherche et de développement dans le domaine de la mesure et de la prévision des vagues, et de leur interaction avec les structures construites, se poursuivent mais sans que l'on soit persuadé de l'urgence de ces travaux.

Pour mesurer la réaction (mouvement) des structures, les contraintes exercées sur leurs différentes composantes et la hauteur maximale des crêtes servant à déterminer la hauteur libre sous le pont, il faut disposer des meilleures données concernant la prévision de la hauteur maximale des vagues et de leur période pour une période de récurrence donnée, par exemple 100 ans. De plus, il est nécessaire que les données sur la fréquence utilisées dans l'analyse de la fatigue des composantes des installations tiennent compte de deux variables, par exemple des diagrammes de dispersion des hauteurs de vagues et des périodes de crêtes les plus significatives, dans toutes les directions. À cette fin, il peut être nécessaire de faire porter l'analyse sur une période de vingt ans. Les mêmes données fondées sur de plus courtes périodes de compilation, soit de trois à cinq ans, peuvent être utilisées pour établir les statistiques sur les valeurs extrêmes et sur les constances observées, ainsi que les autres critères nécessaires à la planification des opérations. Toutes ces descriptions statistiques des conditions de mer normales ou exceptionnelles constituent des données essentielles à la réalisation d'études de modèles soit par ordinateur, soit en cuves à houle.

■ *LES DONNÉES MESURÉES PAR INSTRUMENTS* De grands travaux de mesure des vagues ont été réalisés au Canada depuis 1970, en particulier par le Service des données sur le milieu marin (SDMM) de Pêches et Océans Canada. De nombreuses données sur les conditions de mer au large des côtes ont été obtenues grâce à des programmes réalisés conjointement par le SDMM et les compagnies pétrolières exploitant des unités de forage. Ces mesures sont obtenues à l'aide d'une bouée *Datawell Waverider* à accéléromètre qui consiste en une sphère attachée à un point d'ancrage unique. Cet appareil permet de recueillir, pour chaque endroit, les mesures importantes sur la hauteur significative des vagues, H_s (la hauteur significative de la vague, H_s, correspond à la moyenne du tiers supérieur des données compilées), et sur la période des crêtes à trois heures d'intervalle lorsque la valeur de H est inférieure à quatre mètres, et à toutes les vingt minutes lorsque cette valeur est supérieure à quatre mètres.

Les données recueillies au moyen de la bouée à accéléromètre présentent toutefois certaines limites. Ainsi, pour les régions situées au large des côtes du Canada, on ne dispose que des données recueillies sur les emplacements de forage qui ont été exploités jusqu'ici; de plus la période de compilation des données pour chaque emplacement est trop courte pour servir de base à des prévisions statistiques sûres des cas extrêmes tels que la hauteur significative de la vague dite «centenaire», c'est-à-dire celle dont la période de retour est de cent ans, et pour laquelle une période d'observation minimale de vingt ans est souhaitable. Actuellement, on ne dispose que de très peu de données pour les saisons d'hiver. Pour certaines applications du génie où la forme des vagues est importante, l'efficacité des données recueillies au moyen de la bouée à accéléromètre est limitée en raison de la distorsion du profil de la vague causée par l'ancrage.

Malgré toutes ces limites, les données obtenues au moyen de cet instrument sont d'une valeur inestimable dans certaines applications. En effet, il s'agit presque des seules mesures recueillies de façon objective pour un emplacement donné, fournissant des informations continues pour une période de plusieurs mois, et plus important encore, faisant état des tempêtes.

Il est essentiel que les données sur la direction et l'amplitude des vagues soient obtenues à l'aide d'instruments de mesure. Ce n'est que depuis 1983 que ces deux paramètres sont enregistrés par une bouée et encore, ce n'est qu'à titre d'essai. Il faudra beaucoup de temps, au moins vingt ans, avant que les données recueillies à l'aide de cette bouée directionnelle puissent être utilisées dans les prévisions de probabilités extrêmes. À court terme, cependant, ces observations peuvent permettre de vérifier la précision d'un modèle de prévision *a posteriori* d'une tempête en fournissant, en particulier, des informations sur la direction des vagues à un emplacement donné.

Des techniques de télédétection ont été utilisées pour mesurer les vagues à partir de satellites et d'avions. Ces techniques sont encore plus récentes que le programme de mesure à l'aide de la bouée à accéléromètre et reposent, par conséquent, sur des périodes d'observations plus courtes. Elles font appel notamment à l'altimètre laser, au diffusiomètre ainsi qu'à des radars perfectionnés. Jusqu'à maintenant, seul l'altimètre laser monté sur un satellite a permis de recueillir de façon précise et continue les données nécessaires sur la hauteur des vagues pour établir des ensembles de données climatologiques. Le premier et le seul satellite à transporter un radar capable d'enregistrer des données sur les vagues, a été le *Seasat* mis en orbite par la NOAA, *National Oceanic and Atmospheric Administration* (É.-U.). Ce satellite n'a fonctionné que trois mois. Il a permis de recueillir des observations sur la hauteur significative des vagues dans toutes les mers du monde. Le Service des données sur le milieu marin a comparé un choix de données recueillies par le *Seasat* avec d'autres données obtenues à l'aide de la bouée à accéléromètre pour des périodes et des endroits correspondants. Il est ressorti des résultats que la marge de précision des données du *Seasat* se situait à l'intérieur de 10 pour cent, ce qui laissait supposer, qu'à l'avenir, on pourrait très avantageusement utiliser les satellites pour étudier la climatologie des vagues, pourvu que les observations portent sur des périodes et des territoires suffisamment grands. D'ici la fin de la décennie, on prévoit le lancement de plusieurs satellites, dont le *Radarsat* canadien, qui transporteront toute une gamme d'instruments de mesure des vagues.

■ *LES DONNÉES OBTENUES PAR L'OBSERVATION VISUELLE* Les navires en mer fournissent régulièrement des informations sur les conditions des vagues ainsi que sur les phénomènes météorologiques. Les observations sur les vagues fournissent une évaluation visuelle de la hauteur et de la période moyennes des plus hautes vagues, ce qui correspond approximativement à la hauteur significative et à la période des vagues. Ces données sont communiquées par radio au service météorologique approprié, le Service de l'environnement atmosphérique (SEA) dans le cas du Canada. Ce programme est à l'origine de la constitution d'une banque de données qui s'échelonnent sur plusieurs années et qui portent sur la majeure partie des zones situées au large de la côte est du Canada. Il constitue la base d'un ensemble de données sur les vagues recueillies depuis onze ans et connu sous le nom de METOC (Centre météorologique et océanographique).

■ *LES DONNÉES METOC* METOC provient de la compilation des tableaux sur les données significatives des vagues dressées deux fois par jour par le Centre météorologique et océanographique des Forces canadiennes, à Halifax. Ces tableaux sont établis à partir d'observations fournies par les navires en mer, des données en temps réel provenant des bouées à accéléromètre situées aux emplacements d'exploration pétrolière au large et près des côtes, ainsi que de données découlant

de prévision *a posteriori* pour les endroits où il est impossible d'obtenir des données en temps réel.

Les données sur les vagues fournies par METOC portent sur la partie septentrionale de l'océan Atlantique entre les 25° et 70° de latitude nord, à l'exception du golfe du Mexique, du golfe Saint-Laurent et de la baie d'Hudson. On accorde une plus grande valeur à cet ensemble de données qu'aux observations faites à partir des navires dont elle proviennent, à cause du travail d'évaluation subjective qui préside à l'établissement de cet ensemble de données. Les analystes comparent les données fournies par les navires qui se trouvent à proximité, afin de déterminer les erreurs et, à l'aide des tableaux précédents et des indices des prévisions *a posteriori*, ils évaluent les diverses sources d'information et, le cas échéant, comblent les lacunes.

Les données METOC sont utilisées à deux fins précises. D'abord, pour déterminer le climat des vagues à des fins opérationnelles. Par exemple, on peut établir 1) que la hauteur des vagues dépasse une certaine hauteur pendant 30 pour cent du temps en février et 2) que, lorsque les vagues dépassent une hauteur de six mètres à un moment donné de l'année, elles se maintiennent à cette hauteur en moyenne pendant 36 heures. Dans les régions pour lesquelles on dispose de suffisamment de rapports fournis par les navires, c'est-à-dire des rapports s'échelonnant sur plusieurs années et pour différentes saisons de l'année, les données de METOC constituent alors un bon instrument pour déterminer le climat des vagues. La deuxième utilisation des données METOC consiste à évaluer la récurrence des phénomènes exceptionnels. Ce processus repose sur la précision avec laquelle on réussit à déterminer la valeur des vagues les plus hautes lors des plus grosses tempêtes observées. Les données METOC, ainsi utilisées, sont moins sûres que celles qui proviennent de prévisions *a posteriori* rigoureuses, lesquelles constituent une méthode beaucoup plus sophistiquée qui repose sur un ensemble de données historiques plus détaillées et plus précises.

■ *LES DONNÉES NMIMET* NMIMET est un ensemble de programmes informatisés conçus par le *National Maritime Institute* (NMI) en collaboration avec le *Meteorological Office* de la Grande-Bretagne, dans le but de synthétiser les statistiques sur le climat des vagues obtenues à partir de l'observation visuelle de facteurs tels que la hauteur des vagues et la vitesse du vent ou la vitesse du vent seule. NMIMET comprend un modèle paramétrique de probabilité composée (hauteur des vagues et vitesse du vent) qui est utilisé comme fonction d'ajustement optimal pour équilibrer et améliorer la qualité des observations faites par les navires. Il est ainsi possible d'éliminer les observations peu vraisemblables sans intervenir de façon subjective. NMIMET a fait l'objet de nombreuses évaluations comparées avec des données recueillies dans les environs de la Grande-Bretagne. Ce programme a permis d'obtenir de bons résultats dans le domaine de l'excédence de la hauteur des vagues. Les données fournies par NMIMET pour trois régions d'étude particulières soit, sur la côte moyenne du Labrador, à proximité du champ Hibernia et dans les eaux profondes au large de l'île de Sable, ont permis d'obtenir les valeurs suivantes pour la hauteur significative de la vague centenaire: 14,2 mètres, 14,5 mètres et 17 mètres, respectivement.

■ *LES DONNÉES A POSTERIORI* Pour décrire avec suffisamment de précision le climat des vagues de toute masse d'eau, il faut posséder des renseignements sur le champ de vent soufflant sur cette région et ce, pour plusieurs années. C'est ce que l'on appelle des prévisions *a posteriori*. Idéalement, le calcul de ces données nécessite la réalisation d'un modèle mathématique permettant de simuler les processus de génération, de croissance et de propagation des vagues, ainsi que leur interaction avec d'autres vagues, les courants et le fond de la mer.

Il y a deux categories de modèles. Les plus simples se résument à une méthode empirique qui fournit une évaluation de la hauteur significative de la

vague et de sa période, ou d'autres paramètres, mais qui ne traite pas en profondeur des données physiques du problème. L'autre catégorie comprend les modèles spectraux qui, au moyen d'un spectre à variance directionnelle, donne une description de l'état de la mer. Ces modèles peuvent comprendre des équations qui traitent de l'équilibre énergétique de spectre et du transfert d'énergie entre les périodes des vagues (interaction d'une vague avec une autre vague) et qui nécessitent des calculs beaucoup plus complexes que pour les modèles empiriques.

Dans les modèles simples, on suppose que la vitesse du vent est constante, tandis que dans les modèles complexes, ce facteur est calculé selon des points de référence à répétition cyclique. La précision de cette dernière méthode repose en grande partie sur la finesse de la grille et sur l'intervalle entre les relevés des données sur la célérité du vent. Les données sur le vent utilisées dans la grille sont déterminées à partir des gradients de pression, bien que dans certains cas on puisse recourir à d'autres mesures obtenues par des moyens différents.

U.S. Navy Fleet Numerical Oceanographic Center a établi des prévisions *a posteriori* sur une période de vingt ans pour la Région de l'Atlantique nord, à l'aide du modèle spectral SOWM (*Spectral ocean wave model*). Bien que ce modèle fournisse une bonne description du climat des vagues en haute mer, il présente deux inconvénients majeurs lorsqu'on l'applique à la région que l'on veut étudier ici. Ainsi, ce modèle situe la côte beaucoup plus à l'ouest qu'elle ne l'est en réalité, ce qui a pour effet d'allonger indûment la course des vents de l'ouest. De plus, le modèle ne tient pas compte de la banquise, ce qui a pour effet d'allonger la course des vents qui soufflent à partir des glaces. Ces deux lacunes entraînent une surestimation de la hauteur significative des vagues. On ne peut donc utiliser le modèle SOWM pour étudier la région qui nous intéresse.

Une étude des renseignements sur les vagues pour les eaux littorales de la côte est de l'Amérique du Nord ou *Wave Information Study* (WIS) a été réalisée par *la US Army Engineers Waterways Experiment Station* pour la même période que celle visée par le modèle SOWM, c'est-à-dire de 1956 à 1975. Il semble que dans ces prévisions on ait remédié à certaines lacunes du modèle SOWM et que l'on ait bénéficié de l'utilisation d'un nouveau modèle de prévision des vagues. Toutefois, le modèle WIS ne définit pas encore adéquatement le littoral de la région étudiée, ni ne tient compte de la présence de glaces de sorte que la hauteur des vagues y est encore surestimée, bien que l'écart soit moins important que dans le modèle SOWM.

C'est à l'aide des prévisions *a posteriori* d'Oceanweather Inc., réalisées en 1982 pour la société Mobil Oil Canada Ltd, que l'on a déterminé les extrêmes des conditions de la houle dont il fallait tenir compte dans la conception des structures de la région du champ Hibernia. Pour cette étude on a utilisé une grille plus fine que celle du modèle WIS, ce qui a donné un meilleur quadrillage de la côte. Dans cette étude on a également tenu compte de l'incidence de la banquise, le cas échéant, choisi une période d'observation plus longue des tempêtes, soit trente ans au lieu de vingt ans, et d'une façon générale, utilisé de meilleures données sur les vents. C'est ce qui a permis d'obtenir les meilleures prévisions *a posteriori* dont on dispose à ce jour pour cette région particulière. Néanmoins, on peut s'interroger sur la valeur du choix des tempêtes retenues dans la prévision. En effet, on peut se demander si on a retenu les tempêtes les plus fortes, car certaines tempêtes semblent moins fortes que la «tempête annuelle» et seulement vingt tempêtes ont été retenues sur une période de trente ans.

On a vérifié les résultats obtenus au moyen du modèle d'Oceanweather Inc. en les comparant aux résultats recueillis, grâce à la bouée à accéléromètre, au cours de deux tempêtes. Le modèle a prévu comme valeur maximale de la hauteur significative de la vague 11,3 mètres dans le cas de la première tempête, et 8,9 mètres pour la deuxième, tandis que les données recueillies au moyen de la

bouée à accéléromètre indiquaient des hauteurs respectives de 10,1 mètres et de 8,7 mètres. Les prévisions *a posteriori* font état d'une variation importante dans le climat des vagues à l'est de Terre-Neuve. En effet, on note une augmentation de la hauteur significative de la vague à mesure que l'on s'éloigne de la côte vers l'est, la hauteur de la vague de cent ans étant de 13 mètres près de la côte, et de 16 mètres à quelque 200 milles marins au large. Dans les environs du champ Hibernia, la valeur qui semble la plus probable pour la hauteur maximale de la vague centenaire a été établie à 30 mètres et sa période, à environ 16 secondes.

En 1978, une prévision a posteriori réalisée à la demande de la société Total Eastcan Exploration Ltd., a permis de recueillir des données en quatre endroits répartis également le long de plateau du Labrador. Dans cette étude, la valeur des données relatives à la hauteur significative de la vague centenaire varie entre 13,5 mètres au nord et 16,3 mètres au sud. La principale lacune de cette étude réside dans le faible échantillonnage qui a été retenu, soit sept ans, pour évaluer les situations extrêmes.

■ *L'ANALYSE DES VALEURS EXTRÊMES* L'extrapolation des séries chronologiques d'un paramètre donné en vue d'estimer la valeur maximale probable de ce paramètre pour une période donnée, constitue un problème théorique et pratique d'envergure. Pour le résoudre on dispose, à ce jour, de deux méthodes qui sont généralement utilisées. La première consiste à adapter une fonction de distribution statistique à toutes les valeurs observées dans une période donnée. Pour l'évaluation de la hauteur des vagues, on a généralement recours à la loi lognormale et à la distribution de probabilité de Weibull. L'autre méthode repose sur l'évaluation statistique des cas extrêmes pour une période donnée. Les valeurs élevées sont retenues et ajustée en fonction de distribution Fischer-Tippett, du type I, II ou III. Dans le cas des vagues, l'analyse porterait sur les vagues observées pendant les tempêtes. L'objectif visé dans l'utilisation d'une distribution des valeurs extrêmes, est de fournir une description de toutes les tempêtes (vagues) pour ensuite déterminer l'ampleur de la plus haute vague qui pourrait survenir dans un intervalle donné, par exemple une fois tous les cent ans.

Pour le plateau Scotian, on ne dispose pas de données sûres permettant de décrire les plus grosses tempêtes. Cependant, une étude appuyée par le Fonds renouvelable pour les études environnementales (FREE) est en cours et vise précisément la description des 30 à 50 tempêtes les plus importantes observées dans cette région. D'autres études sont également en cours pour déterminer les méthodes que l'on pourrait utiliser pour étudier la propagation des vagues dans les zones de bas-fonds comme il en existe sur le plateau Scotian. Parmi les problèmes spécifiques à cette région, mentionnons les effets dus aux bas-fonds, la présence de l'île de Sable qui crée une sorte d'abri et peut-être également l'interaction des vagues et des courants.

En ce qui concerne l'étude des situations extrêmes, on dispose de plus de prévisions pour la région des Grands bancs, et en particulier pour le champ Hibernia, que pour toute autre région. À l'heure actuelle, les seules données qui devraient être retenues pour l'analyse des situations extrêmes sont celles fournies par les prévisions *a posteriori* de la société Mobil. Il y aurait lieu de se pencher sur le choix des tempêtes retenues aux fins de l'étude et de prévoir une méthode de vérification supplémentaire avant d'accepter les valeurs nécessaires à la conception des installations. Le projet de répertoire des tempêtes appuyé par le FREE, permettra de répondre à au moins une partie de cette question. Dans cette région, on doit tenir compte de problèmes spéciaux comme la présence d'un front de glace et, peut-être des effets de la bathymétrie sur les conditions de vagues extrêmes. En l'occurrence, une analyse en profondeur des effets bathymétriques et des courants s'impose.

Pour décrire le climat des vagues de la mer du Labrador, on dispose de beaucoup moins d'informations que pour les régions plus méridionales. Le modèle SOWM n'est d'aucune utilité pour cette région. L'étude des renseignements sur les vagues ne fournit aucune donnée pour la mer du Labrador au-delà du 53° de latitude nord; quant aux données METOC, elles sont probablement utiles sur le plan opérationnel pendant les saisons de l'été et de l'automne, c'est-à-dire au moment où l'on dispose d'un nombre suffisant de rapports fournis par les navires naviguant dans ces eaux. L'analyse la plus sérieuse en ce qui concerne les situations extrêmes, semble être la prévision *a posteriori* réalisée par la société Total Eastcan. Toutefois, on doit l'utiliser avec prudence car elle fournit un échantillonnage de tempêtes portant sur sept années seulement. Il serait maintenant possible de réaliser une bien meilleure prévision, car on dispose aujourd'hui de beaucoup plus de données qu'en 1976. Le projet de répertoire des tempêtes du FREE devrait servir de point de départ.

Le golfe Saint-Laurent n'a fait l'objet que d'une seule prévision, limitée d'ailleurs aux besoins spécifiques du projet Gulf Corrider. Ces données peuvent être d'une certaine utilité pour la planification et la conduite des opérations, mais elles présentent très peu d'intérêt pour la prévision des situations extrêmes. Cependant, il est évident que le climat des vagues du golfe est beaucoup moins rigoureux que celui d'autres régions en haute mer faisant l'objet de l'étude.

On ne dispose d'aucune donnée précise ni d'aucune prévision *a posteriori* pour le détroit de Davis, la baie de Baffin et le détroit de Lancaster. Dans ces régions septentrionales, le climat des vagues est moins rigoureux en raison de la présence de glaces et de la course limitée du vent dans la plupart des directions, ce qui a pour effet d'entraver la croissance des vagues.

■ *LES ZONES D'ÉTUDE SPÉCIALE* Les techniques de prévision étudiées jusqu'ici visent les régions d'eau profonde et ne tiennent donc pas compte de l'effet de la présence de bas-fonds sur les vagues. À une profondeur d'environ 100 mètres, les plus grosses vagues commencent à subir une transformation qui a des répercussions sur leur hauteur, leur longueur, leur période, leur vitesse et leur direction. Ces effets se répercutent progressivement sur les vagues plus petites ou dans les régions des bas-fonds, et se font particulièrement sentir dans les eaux dont la profondeur est inférieure à 50 mètres. La région des Grands bancs et celle du plateau Scotian possèdent de nombreuses zones de bas-fonds de cette sorte. L'une de ces régions les plus caractéristiques est l'emplacement Venture où la profondeur de l'eau atteint à peine 20 mètres.

Les modèles permettant d'étudier la transformation des vagues sous l'effet des bas-fonds n'en n'est qu'à ses débuts et souffre d'un manque de connaissances sur tous les facteurs physiques en cause. Les modèles dont on dispose actuellement décrivent le phénomène sans en apporter de vérification, ou en le vérifiant à l'aide de données très limitées s'appliquant uniquement à des circonstances bien particulières. On ne dispose actuellement d'aucun rapport d'analyse du processus de transformation des vagues pour aucune de ces régions.

On reconnaît qu'un certain nombre de caractéristiques des vagues peuvent amener les structures à bouger ou à réagir sous l'effet de contraintes exercées d'une façon tout à fait différente de celle qui peut être prévue par des analyses effectuées à partir de caractéristiques normales des vagues. C'est ce que l'on appelle des conditions exceptionnelles de vagues, soit des vagues assymétriques, des brisants de vague en eau profonde, des trains d'ondes et des vagues dites «monstrueuses».

Les observations recueillies font ressortir le phénomène d'assymétrie des vagues. En effet, la pente moyenne de la partie antérieure d'une vague est plus abrupte que celle de sa partie postérieure. Il se peut que la pente des vagues soit plus abrupte que celle prévue dans la conception des structures et qu'elle entraîne

des charges beaucoup plus fortes de la houle sur ces structures.

Les brisants de vagues en haute mer sont dus à la très forte non linéarité des conditions limitrophes de la surface libre de la mer et constituent l'un des aspects les moins bien connus des vagues. L'augmentation de la pente des vagues et la formation de brisants proviennent de la rencontre de deux courants opposés ainsi que de l'interaction non linéaire de plusieurs vagues dans un train d'ondes.

Bien des rapports font état de groupements de vagues. On remaque dans ces rapports que les plus grosses lames sont regroupées plutôt que d'être dispersées au hasard. Il a été prouvé que certaines structures peuvent réagir différemment à deux trains de vague (l'un regroupant les plus grosses lames), même si la hauteur moyenne ou significative des vagues est la même dans les deux trains d'ondes. Deux phénomènes permettent d'expliquer cette situation: la réunion de deux groupes d'ondes formés l'un sous l'autre peut entraîner la formation de longues vagues qui peuvent influencer la réaction de la structure. Ce phénomène est particulièrement sensible dans les zones de bas-fonds. La charge portée par une succession de fortes lames génère des fréquences d'excitation reliées à la fréquence de répétition du groupe de vagues plutôt qu'à la fréquence des vagues mêmes. Cela entraîne d'importantes conséquences pour les grandes structures.

Pour décrire les fortes lames que l'on rencontre occasionnellement en haute mer on utilise des termes tels que vague «monstrueuse», «épisodique», «exceptionnelle», etc. Il existe un grand nombre de rapports indiquant que des navires ont subi des avaries à cause de telles vagues. Cependant, on ne dispose d'aucune base théorique pour décrire leur fréquence. En présence d'un gradient horizontal de courant, le phénomène de réfraction peut entraîner une concentration de l'énergie des vagues. À cet effet peut s'ajouter l'augmentation de la pente de la vague lorsque la direction de celle-ci s'oppose au courant pour produire de très mauvaises conditions de mer. Un grand nombre des «vagues monstrueuses» signalées par les navires l'ont été dans les régions de forts courants océaniques. L'une de ces régions bien connues se trouve près du bord du plateau continental au large de la côte sud-est de l'Afrique, où le courant Agulhas se déplace rapidement vers le sud et intercepte les hautes vagues océaniques se déplaçant du sud vers le nord, créant des conditions de mer particulièrement dévastatrices. Aucune analyse de l'interaction possible des vagues et des courants dans la région étudiée, ni de l'incidence de l'augmentation de la hauteur des vagues n'a encore été publiée.

La plus importante lacune des recherches actuelles sur les vagues exceptionnelles est le manque de mesures de prototype de ces vagues, c'est-à-dire des mesures qui décrivent avec précision toutes leurs caractéristiques et ce, en trois dimensions. Pour combler cette lacune, il faudrait un programme de mesures qui mettrait l'accent sur les points suivants: mesure ponctuelle du profil de la vague en surface en un point donné, une description aussi complète que possible des caractéristiques relatives à la direction des vagues, l'enregistrement continu de données pendant les tempêtes et l'établissement d'une carte de la surface de la mer en un instant précis qui fournirait des renseignements semblables à ceux d'une photographie stéréoscopique.

■ *CONCLUSIONS* En résumé, la documentation actuelle ne fournit que le minimum de renseignements nécessaires à la conception et à la certification, ainsi qu'aux organismes de réglementation. D'une façon générale, les représentants de l'industrie pétrolière considèrent que, si l'on respecte les normes actuelles, il est possible de construire et d'exploiter des structures sécuritaires et efficaces. Les auteurs du présent document n'ont jusqu'à maintenant aucune preuve du contraire.

À des fins opérationnelles, il est nécessaire de disposer de mesures simultanées des vagues, des courants et des conditions de vent recueillies pendant une

période de trois à cinq années. En ce qui concerne la conception des installations, pour déterminer le champ de vent de façon adéquate, on doit s'appuyer sur une prévision *a posteriori* des conditions des vagues pendant toutes les tempêtes pour lesquelles on dispose de données météorologiques précises. Ces observations doivent porter sur une période minimale de 20 ans.

Actuellement, on ne dispose pas de telles données pour toute la région à l'étude. Il existe des prévisions adéquates sur le climat des vagues pouvant être utilisées à des fins opérationnelles, mais uniquement pour certaines régions du sud. Par contre, aucune valeur extrême pour quelque région que ce soit, ne peut être retenue sans qu'on en fasse une analyse plus poussée. Les meilleures données actuellement disponibles sont celles de la prévision *a posteriori* de la société Mobil Oil concernant le champ Hibernia, mais il ne s'agit que de valeurs extrêmes, non du climat des vagues et, de plus, ces données ne portent que sur une petite région. L'absence de la plupart des données complexes nécessaires aux organismes de recherche s'explique soit par la très grande difficulté à mesurer les paramètres nécessaires, soit parce qu'on ne dispose pas des instruments pour le faire.

Il faudrait, dans un avenir rapproché, obtenir des données sur les vagues qui permettraient de fonder une prévision très précise des conditions extrêmes pour différentes régions de la zone étudiée. La nécessité de telles données est moins impérative dans le cas de forages d'exploration pour lesquels on utilise des installations de classe illimitée ou dans le cas de prévisions conservatrices. Par contre, dans le cas d'installations d'exploitation conçues en fonction du climat des vagues de la région où elles doivent être installées, ces données sont hautement prioritaires. Les organismes qui ont besoin de ces données pourraient se réunir pour établir un programme conjoint à cette fin.

Il faudrait également des modèles permettant de décrire le mouvement des vagues dans les régions de bas-fonds ainsi que leur interaction avec les courants. Ces modèles devraient ensuite faire l'objet de vérifications grâce aux observations recueillies sur différents emplacements de forage de la côte est du Canada.

Les instruments permettant de mesurer les propriétés relatives à la direction et au profil des vagues devront faire l'objet de perfectionnements ultérieurs et d'essais sur le terrain.

Les systèmes de télédétection par satellite constitueront dans l'avenir une source inestimable de renseignements sur les vagues. Il est important que l'on suive de près les progrès réalisés dans ce domaine et que l'on prenne les mesures appropriées pour en intégrer les données aux programmes sur les vagues aussitôt qu'il sera avantageux de le faire.

On doit disposer de mesures simultanées des vagues, des courants, des vents et ce, pour toutes les régions où sont concentrées les activités de forage. Les données sur les vagues jointes à des mesures ou à des prévisions de vents et de courants ont considérablement plus de valeur pour l'industrie pétrolière que des données sur les vagues seules.

INFORMATIONS OCÉANOGRAPHIQUES

Informations océanographiques pour l'industrie offshore de la côte est du Canada: conditions requises pour le forage d'exploration
Seaconsult Limited,
Saint-Jean, Terre-Neuve,
août 1984

Les courants marins peuvent influer sur les opérations de forage de différentes façons: en augmentant les charges sur la plate-forme, en entravant les opérations de forage ou de plongée, en déplaçant les sédiments ou en augmentant ou en réduisant la cambrure de la vague. Ils sont principalement caractérisés par une grande variabilité et une diversité spatiales et temporelles. Sur une très grande échelle et pendant de longues périodes (soit sur plusieurs dizaines de kilomètres et pendant des jours et des mois), les facteurs qui influent le plus fortement sur le mouvement des masses d'eau sont les changements saisonniers de la température et de l'écoulement des eaux, ainsi que les diverses caractéristiques topographiques. Sur une plus petite échelle, les vents de tempête, les méandres et les remous sont autant de facteurs qui contribuent au déplacement et à la modification des grands courants dont l'action se fait sentir à un emplacement donné. Si l'on considère une distance de quelques dizaines de kilomètres et une période allant de quelques heures à une journée, on observe des phénomènes tels que les marées et les déferlements de houle dus aux tempêtes. Ces divers écoulement d'eau sont très fortement influencés par la bathymétrie et la stratification locales. Sur une plus petite échelle encore, soit sur une distance de quelques centaines de mètres et pendant quelques minutes, la fluctuation du mouvement de la masse d'eau est principalement due aux ondes internes. En certains endroits, ces vagues peuvent avoir une très grande amplitude et peuvent entraîner la formation de très forts courants.

Certains instruments, techniques analytiques et modèles de prévision sont conçus de façon à permettre de traiter et d'expliquer quelques-uns seulement de ces phénomènes, mais non à toutes les échelles. Cette situation a une double incidence sur le problème en cause. Premièrement, pour prévoir les valeurs extrêmes des courants, on doit être en mesure de prédire de quelle façon les différentes variations se combinent pour produire les pires conditions d'écoulement à un moment probable et ce, de préférence à toutes les échelles et avec une précision acceptable. Deuxièmement, les conditions environnementales qui peuvent menacer la sécurité des travailleurs pendant les opérations courantes telles que la plongée ou la manipulation d'éléments sous-marins de forage, sont bien souvent reliés à des phénomènes de courte durée, limités à un endroit donné. À l'heure actuelle, on dispose de bien peu de données sur ces phénomènes et ils sont parmi les moins faciles à prévoir.

■ *ÉTABLISSEMENT ET MESURE DES PARAMÈTRES* En océanographie moderne, pour décrire les courants océanographiques et les masses d'eau, on a recours à des

paramètres physiques de base tels que la vitesse, la direction, la température en un point donné, la salinité et la densité de l'eau. Il est tout à fait juste de procéder de cette façon, car ces paramètres sont essentiels à une compréhension dynamique des courants et, à une exception près, soit la densité de l'eau, ils sont directement mesurables en milieu océanique. Les capteurs conçus pour mesurer ces paramètres avec précision et les techniques d'ancrage de même que les instruments actuellement utilisés au large des côtes répondent, dans la plupart des cas, exactement aux besoins pour lesquels ils ont été conçus.

Les lignes directrices des organismes de réglementation, exigent que trois courantomètres soient répartis le long de la colonne d'eau soit à 20 mètres de profondeur, à mi-chemin et près du fond (habituellement 20 mètres au-dessus du fond marin) et ce, dans tous les sites de forage. La plupart des données dont on dispose proviennent d'ancrages installés par des exploitants offshore. Dans les régions de bas-fonds, c'est-à-dire à moins de 100 mètres de profondeur environ, trois enregistreurs peuvent fournir une résolution verticale adéquate des courants. Dans d'autres régions, par exemple le long de la côte du Labrador, cette façon de procéder peut ne pas être satisfaisante car la distance séparant les enregistreurs pourrait ne regrouper que les courants principaux. Bien souvent, la description des courants dus au vent et celle du déplacement des ondes internes fournies par ces données ne permettent pas de vérifier les données des modèles de prévision ou des modèles interprétifs. Une utilisation rationnelle des instruments de mesure tenant compte des besoins dynamiques du domaine océanographique et des derniers développements en ce domaine, pourrait conduire à l'obtention de données plus utiles.

On dispose aujourd'hui d'instruments parfaitement au point pour procéder à un échantillonnage détaillé de la température et de la conductivité de l'eau en profondeur. À l'aide de ces instruments on obtient des données sur la stratification verticale des eaux, c'est-à-dire les différences de densité qui sont essentielles pour prévoir les valeurs extrêmes des courants. Les organismes de réglementation n'exigent pas que ces données soient recueillies conjointement avec les relevés des courantomètres installés par l'industrie. Cela constitue une grande lacune dans les programmes de mesure, car l'absence de ces données limite grandement l'interprétation et la modélisation.

■ *LES TECHNIQUES ANALYTIQUES* Le but de ces méthodes d'analyse des données est de fournir des observations valables à partir d'enregistrements et de classer les mouvements en fonction d'éléments pouvant s'expliquer par des mécanismes de forces diverses. C'est dans cette dernière catégorie, par exemple, que l'on range les techniques permettant de déterminer les caractéristiques de l'écoulement résultant de l'interaction des vagues (marées) et de la bathymétrie. Il s'agit là d'un domaine dans lequel la communauté océanographique fait actuellement des recherches très intensives. On peut s'attendre à ce que de nouvelles méthodes soient proposées régulièrement. Toutefois, rien ne laisse supposer que les méthodes qui ont été utilisées jusqu'à maintenant pour analyser les données recueillies dans les eaux canadiennes aient été inefficaces. Les problèmes tiennent plus à la nature des données et aux endroits de collecte qu'aux méthodes d'analyse utilisées.

■ *LES TECHNIQUES DE PRÉDICTION* Les méthodes statistiques de dérivation des valeurs extrêmes des courants reposent sur de longues séries chronologiques de données. La méthode idéale de mesure consiste à faire suffisamment de relevés directs à différentes profondeurs de la tranche ou de la colonne d'eau, afin de pouvoir déterminer le profil de la vitesse des courants. Une autre méthode consiste à faire des prévisions à l'aide de modèles empiriques ou déterministes. Cependant, cette méthode présente certaines limites puisqu'elle repose sur la qualité des données sur le vent et sur la valeur des modèles mêmes. Actuellement il n'existe

aucune règle pour déterminer la longueur de la série chronologique qui doit être utilisée. Dans le détroit de Davis, on a constaté que les prévisions sur une base d'observation de 60 jours présentaient des erreurs de l'ordre de 50 pour cent, soit une erreur de 10 cm par second pour tous les 20 cm par seconde. Pour améliorer vraiment cette méthode de prévision, il faudrait procéder à un échantillonnage continu pendant trois ans mais pour arriver à un pourcentage d'erreur de 10 dans la variance du débit moyen (ce qui revêt de l'importance pour l'estimation des extrêmes) il faudrait environ 28 ans de collecte de données.

Nulle part au large de la côte est canadienne ces conditions ne sont remplies. Il n'y a que pour un secteur près du champ Hibernia que l'on possède des données s'échelonnant sur plusieurs années (environ trois ans). Et même dans ce cas, les relevés n'ayant pas été faits exactement au même endroit, on peut s'attendre à de légères différences dans les courants, mais si légères soient-elles, ces différences ne manquent pas d'exercer une certaine incidence sur la précision des valeurs extrêmes prédites. De plus, la qualité des appareils d'enregistrements a varié au fil des ans, de sorte que la précision de la base de données ainsi constituée est elle aussi inégale.

■ *LES COURANTS DE MARÉE* En général, lorsqu'on dispose de mesures sur les courants pour des périodes de 30 jours ou plus (échantillonnages horaires ou plus fréquents), il est possible de prévoir les courants de marée à l'aide d'une analyse harmonique. Comme la plupart des appareils d'enregistrement sont installés pendant plus de 30 jours, les prévisions des maximums de courants de marée peuvent répondre aux besoins opérationnels de forage et d'évaluation des installations et être faits aux endroits où les mesures sont prises. Cependant, la précision de ces prévisions reste à prouver, ce qui limite la fiabilité des valeurs extrêmes.

Un problème plus épineux se pose lorsqu'il s'agit d'interpoler les courants de marée entre les sites d'observation. La bathymétrie des plateaux continentaux de même que la configuration du littoral entraînent une forte variation spatiale de l'écoulement des marées; tel est le cas de la zone qui se trouve à proximité de l'embouchure du détroit d'Hudson où la vitesse d'écoulement du courant de marée dépasse cinq noeuds. En principe, il est possible de calculer ces effets à l'aide de modèles hydrodynamiques numériques en étudiant les variations du niveau des marées à l'intérieur des limites du modèle. Cependant, les données sur le niveau de l'eau dans les endroits stratégiques en haute mer font défaut pour la plupart des régions à l'étude, à l'exception du sud du plateau Scotian et des Grands bancs qui font depuis peu l'objet d'un récent programme de collecte de données.

Il semble donc qu'il soit possible de prévoir l'amplitude ainsi que la fréquence des valeurs maximales des courants de marée dans des endroits donnés et ce, avec une précision acceptable. Étant donné que les données recueillies sont concentrées en des points donnés et que les variations dans l'écoulement des marées sont très fortes, il est difficile de faire des interpolations pour des endroits précis. Les modèles déterministes permettent de le faire avec une précision passable. Cependant, jusqu'à maintenant ce genre de modèles n'a pas été réalisé et a été très limité faute de données sur le niveau des eaux en haute mer.

■ *LES COURANTS DUS AU VENT* Les valeurs extrêmes des courants dus au vent peuvent être prévues à l'aide de modèles statistiques ou de modèles déterministes forcés par des observations sur le retour du vent de 50 ou de 100 ans. La première méthode exige que les courants dus au vent soient isolés des autres mesures, ce qui est possible grâce aux techniques analytiques actuelles, et que les observations portent sur plusieurs années. Les données dont on dispose actuellement ne permettent pas de remplir cette dernière condition pour la région à l'étude.

Les modèles déterministes des courants reposant sur une série chronologique de l'action du vent sur la surface de la mer, peuvent fournir de bonnes prévi-

sions de ces courants dans la mesure où l'on peut déterminer la stratification de la densité dont dépend la réaction maximale des eaux. En principe, cela peut être fait à partir des données sur la propriété des eaux, recueillies par le Service des données sur le milieu marin à Ottawa, bien qu'il puisse s'y glisser une certaine incertitude en raison de l'interpolation en profondeur. L'autre exigence consiste à obtenir des données sur le terrain afin de calibrer les modèles. On dispose de telles données pour le champ Hibernia et le plateau Scotian autour de l'île de Sable, où des mesures ont été prises à l'aide de courantomètres permettant de calculer la moyenne des vecteurs. Pour les autres régions, il existe peu de données pouvant être utiles au calibrage.

Les modèles empiriques reposant sur les multiples interactions du vent et des mesures de courant recueillies permettent, grâce à des prévisions *a posteriori* des courants faites à partir d'observations à long terme des vents, de prolonger grandement dans le temps les mesures de la base de données. Ces méthodes n'ont encore été utilisées pour aucune des régions à l'étude, mais pourraient se révéler assez efficaces si elles l'étaient pour le champ Hibernia et pour certains endroits près de l'île de Sable.

■ *LES COURANTS RÉSIDUELS* Les courants internes de faible fréquence produits par les différences de densité et les variations saisonnières de l'impulsion du vent sur la surface de la mer ne peuvent être prédits avec assurance qu'en utilisant des modèles statistiques basés sur des séries chronologiques de mesures. La réalisation de ces modèles repose également sur des ensembles de données basés sur plusieurs années d'observation. Malheureusement, on ne dispose pas de telles données. Les variations spatiales sont également très grandes selon la bathymétrie et la topographie propres à chaque endroit; c'est pourquoi il est très difficile de faire des interpolations entre les différentes endroits où les mesures sont prises. Il existe bien des cartes de courants géostrophiques pour plusieurs zones d'exploration, mais ces cartes ne fournissent qu'un guide très sommaire de la situation des principaux courants et de leur vitesse d'écoulement. Du point de vue de l'ingénierie, la précision de ces cartes est extrêmement limitée, car elles ne font état que d'une fraction de l'écoulement et ne fournissent aucun renseignement sur les variations de l'écoulemet au cours de périodes allant de quelques jours à quelques semaines.

Il ne faut pas non plus négliger les courants résiduels dans la dérivation des valeurs extrêmes. La plupart des zones exploitées au large de la côte est du Canada se trouvent près des grands courants océaniques longeant le littoral. Parmi ces courants se trouvent le courant de Baffin dans le détroit de Lancaster, la baie de Baffin et le détroit de Davis, dont la vitesse maximale d'écoulement peut atteindre de 50 à 80 cm par seconde, ainsi que le courant du Labrador longeant la côte du Labrador et le côté est des Grands bancs et dont la vitesse maximale d'écoulement varie entre 35 et 70 cm par seconde. Dans ces régions, les courants résiduels peuvent être supérieurs aux courants de marée qui se font sentir au large de la zone côtière. La prévision des valeurs extrêmes des vitesses d'écoulement devra s'appuyer sur des mesures précises. On peut, en principe, utiliser à cette fin des modèles déterministes à trois dimensions tenant compte des variations de densité et des forces atmosphériques si l'on a suffisamment de données pour mettre en branle et réaliser ces modèles. Ce n'est malheureusement pas le cas en l'occurence. Aux incertitudes des résultats dues aux hypothèses de formulation de ces modèles s'ajoute un autre problème: celui des coûts de traitement informatique. Pour toutes ces raisons, on considère que les mesures prises sur place à l'aide d'instruments sont plus fiables que les prévisions par modèles dont on dispose actuellement et ce, même si ces mesures ne portent que sur de courtes périodes.

■ *LES COURANTS HAUTE FRÉQUENCE* Bien souvent, dans la prévision des valeurs

extrêmes des courants, on néglige ceux dont la fluctuation est rapide, c'est-à-dire dont la période varie entre quelques minutes et quelques heures. Ces courants sont causés par des facteurs tels que les ondes internes se manifestent près de la surface ou par des courants de gravité le long du fond marin, et peuvent être suffisamment puissants pour perturber les opérations de forage. La plongée sous-marine est, elle aussi, particulièrement sensible aux changements soudains de courant. Ces grands courants de haute fréquence étant rares et sporadiques, il est à peu près impossible de les prévoir. Cela est dû en fait au manque de connaissances sur leurs causes, par exemple, sur ce qui déclenche la formation d'ondes solitaires dans le détroit de Davis et sur la façon dont elles se propagent dans l'océan. En ce domaine, les modèles théoriques présentent certaines lacunes, et les observations océaniques sur place font grandement défaut.

Sauf pour ce qui est des recherches sur les vagues solitaires du détroit de Davis, jusqu'à maintenant, il n'a pas été tenu compte des signaux de haute fréquence dans la collecte des données. Les instruments de mesure utilisés l'ont été à des intervalles trop longs pour permettre de résoudre le problème des ondes internes et se trouvaient trop haut au-dessus du fond marin pour enregistrer les grands courants profonds. Toutefois, il semble que les mouvements de courants pouvant être dangereux sont plutôt rares au large de la côte est canadienne. Les prévisions reposent donc sur la mesure des phénomènes ayant une incidence sur une zone donnée, la fréquence et, le cas échéant, la périodicité de ces phénomènes, et sur l'étude de ces données pour prévoir les opérations en conséquence.

Pour découvrir ces phénomènes, de nouvelles données seront nécessaires (photographies spatiales et mesures sur place), et peut-être même des données en temps réel pour exécuter les opérations d'exploration. Ces techniques ont été utilisées avec succès dans le détroit de Davis pour déceler les ondes solitaires. On a également observé des ondes internes de forte amplitude sur le bord du plateau Scotian, et la présence de marées le long des Grands bancs peut entraîner la formation de vagues dans cette région. Cependant, jusqu'ici, aucune onde interne de forte amplitude n'a été observée dans la région des Grands bancs.

■ *LA DISPONIBILITÉ DES DONNÉES* Les données sur les courants proviennent de trois sources principales: la recherche scientifique gouvernementale, les études régionales réalisées par l'industrie et les dispositifs installés par l'industrie pétrolière aux emplacements de forage. C'est cette dernière contribution qui est la plus grande. Si l'on considère la répartition spatiale des données et la durée des observations à chaque endroit, il est évident qu'il n'existe aucun plan océanographique pluriannuel valable. Ce dont on dispose actuellement correspond plutôt à un ensemble de données disparates portant sur de courtes périodes d'observation et qui sont largement concentrées dans les zones d'exploitation ou d'exploration intenses. Les mesures systématiques pendant le longues périodes aux différents endroits qui permettraient de localiser avec précision les principaux courants et fourniraient des données précieuses pour la prévision par modèles n'ont pas encore été entreprises. Certaines données peuvent être utiles dans la dérivation des valeurs extrêmes. Toutefois, en raison de la diversité des instruments de mesure utilisés et des points d'ancrage, cet exercice nécessite alors beaucoup de jugement et exige que l'on fasse des recoupements entre les observations. De plus on ne dispose que de bien peu de données sûres qui puissent guider l'élaboration des hypothèses quant aux variations spatiales.

Les lignes directrices régissant l'industrie pétrolière ont conduit à l'installation de courantomètres près de tous les sites de forage, indépendamment du temps prévu pour la réalisation complète du programme de forage. Le besoin de prendre des mesures à des endroits déterminés sur une base continue ne s'est pas fait sentir; il n'y a donc pas eu d'efforts de déployés en ce sens. Les données obtenues grâce à la réglementation ont pu être utiles pour répondre à des questions

concernant la modification des programmes de forage considérés cas par cas, mais elles sont de bien peu de valeur dans la dérivation des valeurs extrêmes à long terme. Cette méthode pouvait être efficace au temps des premiers forages d'exploration, mais l'est beaucoup moins aujourd'hui si l'on tient compte des dernières découvertes et de la grande expansion des activités de forage dans certaines régions, par exemple les Grands bancs du nord-est.

Toute interprétation ou modélisation valable des courants océaniques exige que l'on dispose de données concomitantes sur les variations de densité des eaux en fonction de la profondeur ainsi que sur les champs de vent locaux et éloignés. L'industrie recueille généralement, entre autres données, les mesures anémométriques des vents locaux. Cependant, ces mesures font rarement partie des programmes gouvernementaux, ne serait-ce que par l'installation sur la côte de stations météorologiques automatiques. Aucune des bases de données ne comprend à la fois les données météorologiques et celles des courants, bien que ces données existent et qu'il soit possible de les obtenir en s'adressant à différentes organismes tels que le Service de l'environnement atmosphérique.

Le manque de données enregistrées de façon systématique sur la conductivité et le profil de température des eaux en fonction de la profondeur, constitue également une importante lacune. Il en résulte généralement une absence de données détaillées sur la stratification des eaux pour les mesures effectuées à un moment et à un endroit donnés. Ce facteur limite énormément l'interprétation des observations sur les courants, en particulier celles portant sur les valeurs extrêmes des courants modifiés par le vent. Comme dans le cas des données sur les vents, les données concernant la stratification des eaux existent mais ne sont pas classées avec les données sur les courants. En conséquence, pour réaliser des études dynamiques des courants maximums il faut rassembler des données à partir de sources différentes, ce qui demande beaucoup de temps et se révèle décevant dans bien des cas en raison des différences de méthodes d'enregistrement et de conservation des données et dans la qualité inégale de ces données. Tel qu'il a été mentionné auparavant, il semble qu'aucun plan d'ensemble ou stratégie axé sur la compréhension des courants et la prévision des valeurs extrêmes des vitesses d'écoulement dues aux forces naturelles n'ait encore été adopté pour la collecte et la conservation des données. Cela vaut également pour les données sur les vagues. De plus en plus, l'attention des concepteurs et des exploitants d'installations offshore se porte sur la concomitance des valeurs extrêmes des vents, des vagues et des courants. Le cloisonnement observé actuellement dans la pratique canadienne concernant la mesure, le traitement et la conservation des données nécessaires aux analyses climatologiques ne facilite pas ce genre d'études.

■ *CONCLUSIONS* Sur le plan océanographique, on constate de nombreuses lacunes en ce qui concerne la collecte et la conservation des données destinées à un usage ultérieur, et ces lacunes ont une incidence directe sur la qualité de l'évaluation des courants dans la conception des structures. Les données dont on dispose ne permettent pas de dériver les valeurs extrêmes des courants avec la même précision qu'on peut généralement atteindre pour les vents et les vagues. Toutefois, les données actuelles, l'interprétation scientifique qui en est faite et les études réalisées par l'industrie pétrolière n'ont pas révélé de conditions insurmontables par la technologie de forage d'aujourd'hui, ni de conditions limitant la conception des installations sur l'ensemble de la côte est. De même, les opérations offshore de la dernière décennie ne révèlent aucun problème grave attribuable aux courants océaniques ou aux extrêmes de température. Les effets des vagues et de la présence de glaces constituent un problème beaucoup plus sérieux.

L'une des zones qui retient particulièrement l'attention est celle de l'embouchure du détroit d'Hudson où se manifestent de forts courants. Les problèmes opérationnels qu'on risque d'y rencontrer touchent l'amorce du sondage, la mani-

pulation de l'obturateur anti-éruption, la conception du tube prolongateur ainsi que le maintien de la position de l'installation de forage. Certaines données ont été recueillies pour cette région en 1979; de plus, les personnes concernées dans l'industrie connaissent les conditions qui sévissent à cet endroit. Pour assurer la sécurité des opérations de forage dans cette région, il faudrait plus de données que celles dont on dispose actuellement.

Comme les forages d'exploration se font dans des eaux de plus en plus profondes le long du plateau continental, on peut s'attendre à une incidence de plus en plus importante des courants sur les opérations. Flemish Pass est une région importante à cet égard car, en raison de la bathymétrie de l'endroit, le bras extérieur du courant du Labrador s'y trouve concentré en un écoulement puissant et continu. Il est évident qu'il y a possibilité de rencontrer en cet endroit des courants de structure verticale complexe résultant des courants de tempête combinés au courant permanent du Labrador. Ici encore, il faudrait plus de données enregistrées à différentes profondeurs.

L'évaluation de la performance et du maintien de la position en mer des installations nécessite que des analyses soient faites en fonction des pires conditions de contraintes que peuvent exercer ensemble sur les structures le vent, les vagues et les courants. D'une manière générale on a, jusqu'ici, réuni les valeurs extrêmes obtenues à partir d'analyses distinctes de différents types de données de provenance diverses. Au Canada, il semble qu'on ait recours à une méthode à peu près semblable pour la collecte et la conservation des données. Un des principaux obstacles à l'étude de l'action combinée de certains facteurs naturels est que les données dont on dispose proviennent de sources différentes, qu'elles présentent des lacunes et qu'elles sont de qualité inégale. Il serait souhaitable d'avoir accès à des études plus détaillées sur l'interaction des éléments atmosphériques et des océans sous l'influence de conditions extrêmes. Cette méthode permettrait de déterminer de façon plus rationnelle et réaliste les critères d'évaluation des installations et ce, pour les différents modes d'opérations (transit, survie ou forage).

Si, dans l'avenir, nous prévoyons intensifier les opérations de forage et par la suite de production, il semble logique de réorienter le processus de collecte des données océanographiques pour le rendre plus rationnel. Voici à cette fin, quelques éléments essentiels:

- Déterminer les techniques à adopter pour la prévision des valeurs extrêmes des courants, de même que les données nécessaires pour faire ces prévisions;
- Mettre sur pied des stations de surveillance stratégique à long terme qui fourniraient des mesures météorologiques, des données sur les vagues, les courants, ainsi que sur le profil des propriétés des eaux;
- Normaliser les instruments et les techniques de mesure;
- Réunir en un seul groupe les données pouvant servir à l'analyse dynamique des vents et des courants en combinaison avec les vagues formées par le vent.

DONNÉES SUR LES FONDS MARINS

Utilité des données disponibles sur les fonds marins dans l'élaboration des critères de conception des structures et des limites opérationnelles concernant le forage exploratoire au large de la côte est du Canada
Jacques, Whitfort & Associates,
Halifax, Nouvelle-Ecosse,
janvier 1984

Bien que toutes les unités de forage exploratoire offshore en activité sur la côte est canadienne soient en interaction avec le fond marin par leur système d'ancrage et leurs dispositifs de raccordement au puits, cette interaction est beaucoup plus importante dans le cas des plates-formes auto-élévatrices dont le seul appui est constitué par le fond marin et les matériaux sous-jacents. Il y a deux sortes de fondations de plates-formes auto-élévatrices: les fondations à treillis sur semelles (trois ou quatre jambes reposant sur une base unique) et les socles (trois ou quatre pieds ou «caissons de support» servant chacun d'appui à un montant). Les installations auto-élévatrices à treillis sur semelles ont été conçues pour les régions où le fond marin est de sédimentation très friable, tandis que les structures reposant sur des montants individuels peuvent facilement être adaptés aux conditions des différentes régions. Environ 75 pour cent des plates-formes auto-élévatrices en usage aujourd'hui, de même que toutes celles qui ont été utilisées jusqu'à ce jour, font partie de cette dernière catégorie.

■ *DÉFAILLANCES DES FONDATIONS* Il est d'usage courant d'effectuer des essais de tenue des fondations pour vérifier l'efficacité des plates-formes auto-élévatrices. Pour ce faire, on ajoute du ballast de façon à entraîner une pénétration additionnelle des pieds jusqu'à un niveau où la capacité portante totale dépasse – par une marge acceptable de sécurité – la charge maximale prévue par les concepteurs. Pour la plupart des plates-formes auto-élévatrices à trois montants, cette opération consiste à pomper de l'eau de mer dans une série de réservoirs capables de maintenir approximativement la même charge sur chacun des montants pendant l'opération. Cette charge d'essai est généralement maintenue pendant une période minimale de deux à quatre heures après que la pénétration ou l'enfoncement de chacun des montants a cessé.

Le plus grave danger concernant les essais de tenue des fondations est la perforation du sous-sol. En certains endroits, le profil du sous-sol présente une couche de sol résistante recouvrant une couche plus faible. Si la capacité portante de la couche résistante est suffisante pour permettre l'élévation de la plate-forme, mais non pour supporter l'essai de tenue, il peut en résulter une perforation du sous-sol lorsqu'un des caissons de support (c'est généralement ce qui se produit) traverse la couche résistante et s'enfonce rapidement jusqu'à ce que le sol offre suffisamment de résistance pour l'arrêter. L'ampleur du mouvement vertical et de l'inclinaison qui en résulte dépend de la profondeur de la couche faible et de la hauteur de la coque de la plate-forme au-dessus de l'eau, puisque la charge exercée sur les montants diminue lorsque la coque se trouve immergée. Une fois le

processus de perforation enclenché, il y a peu de chance que l'on puisse exercer un contrôle quelconque, étant donné qu'il est impossible de retirer ou de réduire immédiatement la charge, bien que dans certains cas, une intervention rapide comme le blocage de la jambe qui s'enfonce et l'élévation des autres puisse réduire les dégâts.

Plusieurs conditions géologiques peuvent donner lieu à des accidents de perforation du sous-sol. À l'heure actuelle, on ne dispose pas de suffisamment de données sur le fond marin pour pouvoir prédire ces conditions, mais il existe toutefois des méthodes reconnues qui permettent de déceler l'existence de telles conditions à un endroit donné.

D'autres circonstances relatives aux conditions du fond marin peuvent causer une défaillance dans les fondations des plates-formes auto-élévatrices. De nombreux problèmes de stabilité des structures sont dus à l'affouillement du fond marin. L'affouillement sous les montants réduit la profondeur d'encastrement et, par le fait même, la capacité portante de la structure. Les dépressions du fond marin, quelles soient naturelles comme dans le cas des cavités en forme d'entonnoir ou causées par l'installation d'une structure antérieure, peuvent causer certains problèmes pour les caissons de support des structures installées à proximité de ces dépressions.

Après que la plate-forme est arrivée à destination et que sa coque est élevée au-dessus de l'eau, ses fondations sont soumises à deux types de charges: les charges dues à la gravité et les charges ou contraintes dues aux facteurs environnementaux. Les charges de gravité correspondent au poids lège de la structure à laquelle s'ajoute une charge véritable; il est généralement possible de mesurer ces charges avec une marge de précision d'environ deux pour cent en maintenant un inventaire soigneux de l'équipement, des matériaux et des fournitures. Quant aux contraintes environnementales, elles sont la résultante d'une combinaison de facteurs tels que le vent, les vagues, les courants, le givrage des structures, et sont considérablement plus difficiles à évaluer avec un degré quelconque de précision. Les prévisions des charges environnementales reposent sur des données statistiques recueillies à l'égard de chacun des paramètres en cause pour un endroit donné.

Pendant une tempête, les forces de chavirement dues au vent et aux vagues peuvent augmenter la charge verticale exercée sur un montant de la structure jusqu'à concurrence de 35 à 50 pour cent de la charge de gravité. La charge exercée horizontalement sur les pieds de la structure pendant une tempête peut varier entre un dixième et un tiers de l'amplitude totale de la charge verticale. Dans certains cas, lors de tempêtes, il est arrivé que l'un ou plusieurs des pieds d'une structure se soient enfoncés de façon excessive sous le poids des charges alors supérieures aux valeurs qui avaient été prévues par les concepteurs des plates-formes pour les essais de tenue.

L'action des vagues, qui constitue en fait la charge environnementale la plus importante, peut représenter entre 55 et 65 pour cent de la charge latérale totale tandis que le vent correspond à une charge d'environ 25 à 35 pour cent. Les forces générées par un courant type d'une vitesse d'un noeud exercent une charge latérale d'environ 10 pour cent; cependant, en certains endroits, comme dans la baie de Fundy où les courants peuvent atteindre une vitesse de quatre noeuds, l'effet produit est alors beaucoup plus important.

Il y a deux causes principales aux problèmes de fondations des plates-formes auto-élévatrices qui peuvent entraver la sécurité des opérations: lorsqu'une installation est «inappropriée» à l'emplacement ou lorsqu'une erreur est commise en cours de transit ou au moment de l'installation de la plate-forme. Les rapports d'accident semblent indiquer que la plupart des accidents relatifs aux fondations sont attribuables à la première cause. En l'occurrence, on pourrait qualifier

«d'inappropriée» une installation dont les jambes ne seraient pas suffisamment longues ou dont la surface des pieds serait trop réduite pour éviter la perforation de la couche résistante d'appui. Pour bien choisir une installations en fonction d'un emplacement donné, l'exploitant doit avoir une connaissance approfondie des conditions du fond marin de l'endroit et de l'incidence possible de ces conditions sur le comportement de l'installation prévue. Les cartes de la surface du fond marin par region, ne fournissent pas suffisamment de détails à cette fin; il faut donc procéder à des relevés géotechniques propres à chaque emplacement.

Certaines méthodes analytiques courantes ont été adaptées à la prévision de la capacité portante des pieds d'une plate-forme auto-élévatrice dans différents types de sols. Il est possible, grâce à des données provenant de sondages ou de preuves géologiques, de déterminer les problèmes possibles d'affouillement et de les résoudre en plaçant autour des fondations des matériaux résistants à l'affouillement (généralement des sacs de sable, des écailles d'huîtres ou du gravier), ou par un procédé d'injection d'air et d'eau permettant une pénétration d'au moins cinq mètres sous le fond de la mer avant de procéder aux essais de tenue.

On estime que bon nombre d'accidents mettant en cause les fondations des structures proviennent d'erreurs techniques telles qu'une insuffisance des essais de tenue en mer, une fausse évaluation des charges de gravité ou des contraintes environnementales, une élévation excessive de la coque de la structure avant les essais de tenue ainsi qu'un mauvais équilibrage des charges sur les montants au moment de la préparation de l'installation à l'annonce d'une tempête. Il semble donc très important, pour le maintien des normes de sécurité, d'avoir recours à une meilleure instrumentation et à de meilleures techniques de prévision des charges, ainsi que d'apporter une attention particulière aux problèmes relatifs aux fondations dans les manuels d'exploitation.

■ *LES SYSTEMES D'ANCRAGE* Les systèmes d'ancrage caténaires actuellement utilisés par les unités de forage amarrées, consistent en une chaîne ou un câble métallique suffisamment longs et pesants pour demeurer tangents au fond de la mer même lorsque la ligne est tendue au maximum. La capacité de tenue est prédite à partir de relations empiriques entre le poids du dispositif et la nature du sol marin, l'expérience antérieure et des extrapolations à partir de tests à petite échelle. La méthode généralement utilisée pour vérifier la capacité de tenue, soit l'essai d'une tension statique à court terme et de traînée à une vitesse relativement grande, ne tient pas compte de la charge cyclique qui s'ajoute dans les conditions de tempête et, de ce fait, peut ne pas fournir de mesures réalistes. Quant à l'essai d'ancres lourdes, cette méthode est coûteuse et n'est pas pratique; elle pourrait être remplacée par des prévisions de capacité de tenue basées sur les principes de la mécanique des sols. Des travaux en ce sens sont en cours dans certains établissements.

■ *LES CONDUCTEURS DU PUITS* Les tubes conducteurs et les cuvelages servent surtout au contrôle du puits pendant le forage et obéissent à des considérations davantage reliées au forage qu'aux conditions du fond marin. Il y a toutefois une certaine interaction entre ces éléments et les matériaux du fond marin, puisque c'est sur ces matériaux que les tubes conducteurs et les parties supérieures du cuvelage prennent appui.

Outre la charge de gravité provenant de leur propre poids, les conducteurs doivent pouvoir résister aux charges résultant de l'équipement de tête de puits comprenant les obturateurs anti-éruption ainsi que celles des tubes conducteurs, des vagues et des courants. Les charges sont généralement plus fortes dans le cas des unités flottantes de forage, car l'équipement de tête de puits repose sur le fond de la mer, tandis que dans le cas des plates-formes auto-élévatrices l'équipement est installé sur la structure.

Les forces de tension horizontales du sol offrent une résistance aux charges

latérales et de flexion exercées sur les conducteurs. Pour des fins d'analyse et de conception des structures, on peut avoir recours aux méthodes utilisées en mécanique des sols pour analyser l'action des charges latérales sur les piliers. La résistance du sol près du fond marin constitue un facteur important aux fins des analyses; c'est pourquoi il faut tenir compte des effets d'affouillement et de perturbation du sol sur cette résistance au cours de l'installation des conducteurs.

■ *CONCLUSIONS* Les données dont on dispose actuellement sur le fond marin au large de la côte est canadienne sont considérées comme un guide utile quant aux conditions probables en ces lieux, mais ne sont pas suffisantes pour permettre une évaluation de l'incidence de ces conditions sur la sécurité des opérations de forage. Une telle évaluation nécessiterait une connaissance détaillée et des données de techno-génie à la fois des caractéristiques géologiques d'un emplacement donné et de paramètres géotechniques tels que la résistance et la densité du sol.

Les études géologiques des plateaux continentaux portent principalement sur l'historique de la sédimentation et sur la répartition des matériaux constituant les sédiments dans ces régions. Ces études, bien qu'elles présentent par ailleurs une certaine utilité, ne fournissent pas les données nécessaires à la quantification des risques inhérents aux opérations de forage. Les levés géophysiques effectués au moyen de sonars latéraux et de profileurs acoustiques sont une constituante essentielle des recherches d'emplacements possibles de forage et sont exigés par le règlement de l'APGTC (Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada). Ces techniques de télé-détection fournissent des données à partir desquelles on doit déduire des renseignements sur les formations et les sédiments marins. Les levés géotechniques, qui ne sont pas exigés par la réglementation, comprennent des tests et des échantillonnages réels des sédiments marins à un endroit donné. De cette façon, on peut mesurer directement les propriétés physiques des sédiments plutôt que de les déduire. Grâce à des méthodes telles que le carottage par gravité, les sondages géotechniques ainsi que des tests faits sur place et en laboratoire, il est possible de déterminer avec une grande précision les propriétés stratigraphiques et géotechniques des sédiments du fond marin. La source de données la plus utile pour un endroit donné serait une étude intégrée des données géophysiques et des sondages géotechniques effectués à cet endroit. Cette combinaison de procédés permettrait de relier les conditions géotechniques aux profils acoustiques sur l'emplacement du sondage et d'obtenir ainsi des renseignements sur l'étendue et la profondeur des couches de sol ainsi que sur leurs propriétés physiques et ce, sur de grandes distances. Ces études sont encore plus efficaces si on les relie au cadre de travail géologique régional.

La réglementation actuelle pour l'ensemble des sites d'opération en mer sur la côte est du Canada n'exige pas que des levés géotechniques soient effectués sur les lieux où l'on se propose de forer. On ne peut donc être assuré d'obtenir les renseignements nécessaires pour quantifier les risques concernant l'interaction du fond de la mer et de la structure. Si l'on effectuait de tels levés géotechniques pour chaque emplacement de forage, il serait possible de recueillir les données nécessaires qui permettraient de minimiser les risques relatifs aux opérations d'exploration offshore.

Résumé du séminaire sur l'environnement

Après la rédaction des rapports provisoires sur les conditions environnementales (glaces, climatologie des vagues, prévision, climatologie, fond marin, océanographie), un séminaire sur ces questions a été organisé par la Commission royale. Parmi les participants se trouvaient les auteurs des études ainsi qu'un certain nombre de représentants des compagnies faisant partie de la Division des exploitants offshore de l'Association pétrolière du Canada (APC) choisies en consultation avec le comité de l'environnement de cet organisme.

Bien que les études aient porté tant sur les exigences de conception que d'exploitation, c'est surtout le dernier aspect qui a retenu l'attention des participants en raison de l'expérience et du rôle de l'APC. Les participants, au nombre de 46, comprenaient des personnes-ressources de l'Université *Memorial*, de l'Institut océanographique de Bedford et du gouvernement fédéral (APGTC). L'atelier a porté sur un certain nombre de sujets correspondant aux études présentées, chaque exposé étant précédé d'une courte présentation par l'auteur et suivi d'une discussion. La dernière séance s'est terminée par une table ronde pendant de laquelle chaque participant a pu présenter ses conclusions.

Le thème qui est ressorti des discussions est peut-être celui qu'ont avancé les représentants de l'industrie à savoir que les rapports présentés ne contenaient pas suffisamment de données provenant du secteur opérationnel et, comme le disait un des participants, «n'établissaient pas suffisamment la différence entre ce qui est scientifiquement souhaitable et ce qui est techniquement et pratiquement réalisable».

Bien que de l'avis général on ait reconnu la nécessité d'obtenir plus de données de base sur certains facteurs environnementaux, on a soulevé la nécessité que tout nouveau programme de collecte de données tienne compte à la fois des buts de l'industrie et de ceux de la communauté scientifique. Si le but d'ensemble est d'améliorer les systèmes actuels afin d'améliorer la sécurité des conditions de travail en mer, il y aurait peut-être lieu d'étudier séparément les recommandations générales des rapports, afin d'obtenir un plus grand nombre de données ou de données de meilleure qualité qui auraient une incidence directe sur la sécurité des conditions de travail. Tous ont reconnu la nécessité d'une meilleure diffusion des données en temps réel, en particulier en ce qui concerne les glaces, et sur l'avantage qu'il y aurait à améliorer les prévisions météorologiques. Cependant, à la même occasion, on a fait ressortir que, bien souvent, le problème résidait moins dans le manque de données appropriées que dans la mauvaise compréhension des besoins des utilisateurs de la part de ceux qui fournissent les données, du manque de communication efficace entre les deux parties ou encore du manque de temps ou de compétence des utilisateurs pour interpréter correctement les données qui leur sont fournies. L'amélioration de la formation du personnel travaillant sur les plates-formes au traitement des données environnementales, de même que l'amélioration des méthodes de collecte et de transmission automatiques de données, de sorte que le personnel clé puisse y consacrer le minimum de temps, devraient entraîner une meilleure utilisation des bases actuelles de données.

Dans le domaine de la recherche et du développement, les priorités reconnues en termes de sécurité du travail touchent l'utilisation de l'équipement de sécurité et d'urgence dans les conditions météorologiques les plus difficiles, en particulier dans les conditions de givrage, et l'amélioration des techniques de détection des glaces. Il a également été question de la nécessité de différencier les données environnementales relatives au forage d'exploration de celles dont on a besoin pour la production.

Les représentants de l'industrie pétrolière ont encouragé la Commission royale à incorporer aux rapports les vues exposées au cours de l'atelier et, dans la mesure du possible, d'essayer d'obtenir plus de données du secteur opérationnel et des organismes de réglementation. Ils ont également recommandé que les rapports soient modifiés de façon à pouvoir faire état de la question de la sécurité dans l'industrie afin de fournir un exposé complet et équilibré des risques inhérents au travail en mer, ainsi que des efforts qui ont été déployés jusqu'ici par l'industrie pour fournir une base de données pour le champ Hibernia. D'autres participants ont fait une mise en garde contre toute complaisance et ont fait remarquer que, malgré l'excellent dossier de sécurité dans la région des Grands bancs, la majeure partie de cette région n'avait pas encore fait l'objet de tests et que l'on ne disposait toujours que d'une connaissance bien imparfaite des divers paramètres relatifs aux glaces dans cette région.

Certains représentants de l'industrie ont eu l'impression que, dans son rapport, *Newfoundland Oceans Research and Development Corp.* (NORDCO) a dramatisé outre mesure la situation concernant les données disponibles sur les glaces. À l'heure actuelle, la sécurité opérationnelle repose sur le principe consistant à éviter les glaces, ce qui est possible grâce à un programme contrôlé de détection, de surveillance et lorsque cela est possible, de déviation des glaces. Cette stratégie de gestion tient compte des incertitudes des présentes bases de données environnementales. Malgré la conclusion générale à laquelle les représentants de l'industrie sont arrivés, à savoir que les données actuelles sur les glaces étaient suffisantes pour assurer la sécurité des travailleurs, ils ont fait plusieurs recommandations visant à améliorer la situation en ce domaine. Selon eux, les organismes de réglementation devraient exiger que ceux qui sont concernés par les opérations offshore transmettent leurs données en temps réel à un seul centre et que ces données soient recueillies, analysées et retransmises aux usagers. On a également proposé l'amélioration du système de détection des glaces ainsi que la mise sur pied à ce sujet d'un programme parrainé par le gouvernement. Par la suite, les discussions ont porté sur la responsabilité de la détection des glaces, au niveau régional et sur les emplacements de forage. On a insisté sur les programmes coopératifs actuels de l'industrie pétrolière dans le domaine de la détection des glaces et de la gestion, ainsi que sur les travaux de recherche en ce domaine subventionnés par l'industrie par l'intermédiaire du Fonds renouvelable sur les études environnementales (FREE).

Les représentants de plusieurs organismes de recherche ont fait part des derniers développements dans le domaine des glaces et ont souligné certains points méritant réflexion. Par exemple, on fait remarquer qu'il était difficile de déceler les petites glaces se déplaçant à grande vitesse et que ces dernières constituaient réellement un risque pour la sécurité humaine. Les représentants de l'industrie ont remis en question cette affirmation et ont de nouveau insisté sur le fait que la sécurité était respectée ainsi que sur les programmes parrainés par l'industrie, en vue de mettre au point des radars plus efficaces et sur ceux du FREE visant à améliorer les techniques de remorquage et de manipulation des glaces.

Les participants ont examiné le rapport du Service de l'environnement atmosphérique (SEA) sur la climatologie et ont ainsi été mis au courant des derniers développements dans le domaine de la recherche climatologique. Les représentants de l'industrie pétrolière ont souligné que les besoins en données sur la climatologie marine étaient beaucoup plus difficiles à satisfaire sur le plan scientifique que sur le plan opérationnel. On a également souligné que le rapport

ne faisait pas état de la grande quantité de données climatologiques recueillies par l'industrie, soit sur une base individuelle ou en collaboration. Des représentants du SEA se sont montrés d'accord avec la nécessité d'insister plus sur les besoins des usagers et que le principal besoin reconnu semblait être l'obtention de données sur les valeurs extrêmes ou dites «centenaires». À leur avis, pour ce qui est de cette dernière application, les données actuelles pour les régions au large de la côte est du Canada ne sont pas suffisantes.

Le rapport sur le fond de mer, présenté par Jacques, Whitford and Associates, fait état des conditions du fond marin pouvant entraîner des accidents de plates-formes auto-élévatrices, en particulier des accidents de perforation du sous-sol. Il est ressorti des discussions qu'il y avait des risques que de tels accidents puissent arriver dans la région des Grands bancs, bien qu'aucun accident de ce genre ne se soit produit à ce jour. Un long débat a suivi sur la nécessité d'exiger par règlements que des études géotechniques particulières à un emplacement, y compris des programmes de sondage, soient faites. L'auteur a soutenu que les études sismiques pouvaient tout au plus déboucher sur des hypothèses sur les propriétés géotechniques. C'est donc à bon droit que les ingénieurs ont recours à des programmes de sondage pour déterminer à partir de preuves tangibles s'ils sont en présence de conditions pouvant entraîner la perforation du sol en un endroit donné avant d'y installer une plate-forme auto-élévatrice. On a ensuite discuté des problèmes d'affouillement et d'ancrage, et un porte-parole de l'industrie a conclu que les affirmations les plus pessimistes du rapport n'étaient pas prouvées et que, selon lui, compte tenu du dossier actuel des plates-formes auto-élévatrices sur le plan de la sécurité, les données sur le fond marin et les techniques en usage étaient tout à fait satisfaisantes.

La conclusion générale de l'étude sur la climatologie des vagues réalisée par le Service des données sur le milieu marin et W.F. Baird Associates est que la base de données actuelle est pauvre, en particulier dans les secteurs du nord de la zone étudiée et qu'il serait souhaitable d'améliorer les techniques de collecte de données et de prévisions. La plupart des discussions ont été consacrées à la clarification de certains points techniques du rapport. Les représentants de l'industrie ont de nouveau manifesté leur insatisfaction devant l'absence de relation directe entre les recommandations du rapport et les considérations de sécurité opérationnelle, et ont insisté sur le fait que la précision des données était, à bien des égards, moins importante que la définition précise des besoins des usagers. On a également souligné que la plupart des données pouvaient être importantes pour les concepteurs. Cependant, comme on dispose déjà d'installations en usage sur la côte est du Canada, il aurait mieux valu étudier l'efficacité et le rendement de ces installations. Les auteurs du rapport ont répondu qu'il n'y avait pas suffisamment de données déjà publiées pour pouvoir établir un lien entre les données sur les vagues et les exigences opérationnelles.

Le rapport sur l'océanographie présenté par Seaconsult a été accueilli favorablement par les représentants de l'industrie et a reçu l'appui général pour ses conclusions voulant que les données océanographiques disponibles soient suffisantes selon les critères retenus pour la conception des installations et la sécurité des opérations offshore. Les discussions ont ensuite porté sur la question de la conservation des données et sur le temps qu'il faut compter avant que ces données ne soient accessibles; on a, de plus, appuyé la proposition concernant la normalisation des procédés. Les représentants de l'industrie ont souligné que de nombreux programmes de collecte de données avaient été réalisés par les compa-

gnies pétrolières, conjointement ou individuellement, et que ces études n'étaient pas mentionnées dans le rapport comme sources de données.

Le rapport sur les prévisions météologiques a été préparé par Seaconsult Ltd. Des représentants du Service de l'environnement atmosphérique ont fait le point sur les méthodes de vérification utilisées par cet organisme. De plus, un porte-parole de l'APGTC a ajouté que cet organisme était à réviser les besoins en matière de vérification pour des entreprises privées de prévision. Les représentants du SEA ont présenté un rapport sur les résultats préliminaires de la vérification de l'exactitude des prévisions pour la région des Grands bancs en hiver, et ont fait remarquer que les données obtenues par les spécialistes du SEA, quant à la vitesse du vent selon l'échelle de Beaufort, n'avaient été prédites avec précision que dans 37 pour cent des cas pour une durée allant jusqu'à six heures. Les représentants de l'industrie ont insisté sur l'importance de procédés de vérification simples et normalisés et se sont interrogés sur la nécessité que le contenu des prévisions soit plus étoffé, tel qu'il a été recommandé dans le rapport. Les représentants de Seaconsult ont expliqué que l'inquiétude manifestée dans le rapport à l'égard des phénomènes d'ampleur moyenne, visait l'amélioration de la technologie de la prévision en général et non les prévisions dans le domaine de l'offshore, en particulier où la manifestation de ces phénomènes n'est pas suffisamment prolongée pour causer des problèmes. Les participants se sont entendus sur l'utilité d'appliquer les conclusions du rapport aux opérations en mer et la Commission royale a déclaré que la compagnie Seaconsult préparerait un rapport supplémentaire en collaboration avec les exploitants et les organimes de réglementation, afin de relier directement les conclusions du premier rapport aux besoins des usagers.

3

CONCEPTION

CONCEPTION

ÉVOLUTION DE LA CONCEPTION DES UNITÉS MOBILES DE FORAGE EN MER

(1) L'évolution de la conception des unités mobiles de forage en mer
(2) Essai sur la conception des unités mobiles de forage en mer
Earl and Wright Consulting Engineers, San Francisco (Californie), É.-U.
mai/juin 1984

Pour retracer l'évolution des installations mobiles de forage en mer (MODU), il faut remonter à la fin des années 1940, à l'époque où l'on utilisait du matériel de forage terrestre sur des barges mouillées en eau peu profonde. Aujourd'hui, les unités de forage de classe internationale peuvent être exploitées pendant de longues périodes par des profondeurs de 100 à 460 mètres et dans des conditions climatiques et météorologiques extrêmement rigoureuses. Les facteurs qui présidaient à la conception des premières installations mobiles de forage en mer dictent toujours les concepts et les techniques mis en application de nos jours; fondamentalement, il s'agit de concevoir une plate-forme de forage stable mais d'une grande mobilité, qui puisse être exploitée au large, en eau profonde, selon un ensemble de conditions prescrites. Pour répondre à ces exigences modernes, les concepteurs modifient les plans existants jusqu'à la limite de l'extrapolation ou élaborent des solutions de rechange. L'élément clé dans l'évolution des installations mobiles de forage est la modification de la configuration qu'ont apportée des exigences fonctionnelles accrues et un environnement plus contraignant.

Les MODU peuvent être réparties en deux grandes catégories: les installations appuyées sur le fond et les installations flottantes. Les unités submersibles et les unités auto-élévatrices se classent dans le premier groupe, tandis que les navires et les barges de forage ainsi que les unités semi-submersibles constituent le second. Les installations flottantes se maintiennent en position sur les lieux de forage grâce à un système d'amarrage caténaire ou à un système de positionnement dynamique, ou encore grâce à un système combinant les deux principes. L'évolution des installations mobiles de forage a donné lieu à certains chevauchements entre ces deux grandes catégories; par exemple, les première unités semi-submersibles pouvaient, dans certains cas, être exploitées comme des installations submersibles en eau très peu profonde.

En réalité, les premières unités de forage en mer étaient des barges dotées d'installations de forage terrestres et exploitées habituellement dans des endroits marécageux où la profondeur de l'eau était de moins de trois mètres. L'équipement de forage était installé sur un pont érigé au-dessus de la coque et supporté par des poteaux ou des piliers. On conduisait la barge à l'endroit voulu et on l'immergeait, ne laissant dépasser que l'équipement de forage au-dessus de la surface des eaux. Le problème de l'instabilité constaté au cours du processus d'immersion a entraîné certaines améliorations qui ont donné naissance aux premières installations submersibles comme telles.

La première unité de forage submersible, *Breton Rig 20*, conçue par Barns-

dall-Hayward, a été construite en 1949. Cette installation comportait des caractéristiques lui assurant une stabilité accrue pendant l'immersion de la barge. Une fois que cette dernière avait touché le fond, on laissait l'eau envahir les pontons, qui s'enfonçaient, minimisant ainsi les effets de la houle. D'autres améliorations apportées à ce concept initial ont entraîné l'apparition des unités submersibles de type «bouteille», dont la première, *Rig 46*, appartient aujourd'hui à la Trans World Drilling Company. Cette unité, construite en 1956, pouvait être exploitée par 21 mètres de profondeur. Elle comporte notamment des colonnes à grand diamètre lui assurant une stabilité pendant le remorquage comme au cours de la manoeuvre d'immersion. La plus grande installation submersible, *Rig 54*, qui appartient également à la Trans World Drilling Company, a été construite en 1962 et peut être exploitée jusqu'à une profondeur de 53 mètres, soit la limite de rentabilité pour ce type de plate-forme de forage.

Les premières unités de forage auto-élévatrices ont été conçues au milieu des années 50 pour repousser les limites imposées par l'utilisation des installations submersibles. Afin de maintenir la plate-forme de forage au-dessus des vagues, là où la profondeur des eaux interdisait l'utilisation des installations submersibles, les concepteurs des unités auto-élévatrices ont repris bon nombre des éléments caractérisant les premières plates-formes de construction maritime, qui étaient remorquées jusqu'à un endroit donné puis montées au-dessus de l'eau sur des piliers ou des jambes d'acier. Étant donné la capacité restreinte des dispositifs d'élévation utilisés sur les premières plates-formes auto-élévatrices, certaines installations comportaient jusqu'à dix ou douze jambes. Les progrès réalisés sur le plan de la conception ont permis de réduire ce nombre et d'en arriver à une coque triangulaire, apparentée à la barge et reposant sur trois jambes tubulaires ou poutres en treillis. À l'origine, les unités auto-élévatrices étaient destinées aux opérations en eau peu profonde dans le golfe du Mexique et au Moyen-Orient. Ces installations étaient exploitées en des endroits où les profondeurs étaient inférieures à 30 mètres et où les conditions climatiques et météorologiques étaient plutôt clémentes (exception faite des ouragans). Toutefois, le déplacement des opérations de forage d'exploration vers des régions au climat plus rigoureux a forcé les concepteurs à continuer d'améliorer les dispositifs d'élévation, le raccordement des jambes à la coque et les jambes elles-mêmes. L'enfoncement excessif des jambes dans le fond de la mer était un autre problème que présentaient les premières installations auto-élévatrices; cela a conduit à la conception de caissons de support destinés à augmenter la surface portante des jambes. On a également conçu l'installation auto-élévatrice à treillis sur semelle pour remédier au problème de l'enfoncement.

À mesure que les opérations de forage se déplaçaient vers des régions plus éloignées et des eaux de plus en plus profondes, les concepteurs ont dû abandonner l'idée des installations appuyées sur le fond pour se tourner vers le concept des unités flottantes. À l'origine, on procédait à la conversion de bâtiments de forme classique (c'est-à-dire, analogue à celle d'un navire) pour les doter de tout l'équipement de forage nécessaire. Les navires de forage spécialisés sont apparus au cours des années 1960 et, bien qu'on en ait amélioré la stabilité en élargissant la coque et en les dotant de quilles latérales et de systèmes anti-roulis, leur utilité est toujours limitée en raison de leur comportement médiocre lorsqu'il y a mouvements. À l'exception de l'avènement du système de positionnement dynamique grâce auquel le bâtiment peut rester sous le vent et s'adapter à l'état de la mer pour minimiser ses mouvements, le concept de base du navire de forage n'a pas beaucoup évolué.

À partir de l'expérience acquise avec les installations submersibles et devant les limites inhérentes aux unités de forage de forme analogue à celle d'un navire, les concepteurs se sont tournés vers les semi-submersibles. Comparativement aux

navires de forage, les installations de ce genre se sont révélées, en général, plus stables. C'est pourquoi les unités semi-submersibles sont devenues les installations les plus couramment utilisées pour le forage en eau profonde et dans des conditions naturelles difficiles. Les premières plates-formes semi-submersibles comportaient de multiples coques inférieures (quatre ou plus) et jusqu'à vingt colonnes de stabilisation. Les principaux éléments de flottaison étaient situés sous la ligne des eaux – étant donné que l'action des vagues diminue avec la profondeur – ce qui améliorait la stabilité de l'unité. Malgré cela, les premières installations semi-submersibles présentaient des problèmes de stabilité, de résistance et de maintenance en raison de la complexité de leur structure. Le désir de simplifier la disposition des éléments de la charpente et d'accroître la vitesse de transit et la mobilité a favorisé la mise au point de l'installation de forage semi-submersibles à coques jumelles telle que nous la connaissons aujourd'hui.

■ *CONCEPTION DES MODU* La conception des MODU relève d'un processus itératif et évolutif d'une incroyable complexité. Les contraintes de rendement opérationnel et des exigences réglementaires, auxquelles s'ajoutent des facteurs économiques, techniques et humains, forcent les concepteurs à rechercher une solution optimale sur le plan de l'ingénierie en ayant recours à la fois à des principes, à des techniques et à des matériaux nouveaux et classiques. Le degré d'interaction du processus de conception et de la construction ainsi que de l'exploitation ultérieure de l'unité varie considérablement. Dans certains cas, le concepteur est appelé à assurer un certain contrôle pendant toute la période où la plate-forme est en service; dans d'autres, son engagement prend fin avant même le début de la construction. Tout au long du processus, le concepteur fait appel à son jugement pour déterminer le degré de sécurité de l'unité de forage, en particulier dans les domaines où les méthodes analytiques sont contestables. Le produit final – une installation de forage «optimisée» dans certaines conditions d'opération données – est normalement le résultat de quatre étapes ou phases: l'élaboration d'un modèle conceptuel, la préparation d'un plan d'ébauche, le plan préliminaire et le plan définitif.

La phase du modèle conceptuel suppose l'élaboration et la définition des qualités ou capacités de l'unité de forage et est un bon point de départ pour la conception d'une installation qui réponde aux exigences d'un client ou d'un projet. S'il y a un client, ses exigences constituent un élément important. Toutefois, on élabore aussi des modèles conceptuels par spéculation ou en prévision de projets éventuels.

Pour déterminer l'envergure et la capacité de l'unité de forage, il faut définir certains paramètres de base, dont les suivants: la région géographique où l'installation doit être exploitée; les forces du milieu; les limites des mouvements; la charge utile requise; un système d'amarrage/un système de positionnement dynamique; les exigences en transit; le nombre approximatif de membres d'équipage; et la réglementation en vigueur. À partir de ces paramètres, les études faites à la phase du modèle conceptuel devraient permettre de déterminer, à 10 pour cent près, quelles seront les dimensions finales de l'unité de forage. Une fois qu'il connaît ces données, le concepteur calcule le poids lège brut prévu, d'après son estimation, par expérience, du poids de l'équipement de forage, de l'équipement de service et des éléments de la structure. Il analyse ensuite la stabilité et les mouvements du modèle conceptuel et compare ses résultats aux caractéristiques des unités de forage actuelles.

À la fin de cette phase, le concepteur rédige un bref rapport sur le conclusions auxquelles il est arrivé; il revoit les résultats en fonction des paramètres établis et en discute avec le client, s'il y a lieu. Souvent, il est possible d'établir une estimation des coûts à partir du modèle conceptuel, estimation qui servira à calculer les frais d'exploitation quotidiens. Si la configuration proposée s'écarte nette-

ment de la norme, on peut demander une «approbation de concept» à une société de classification afin de parer à toute éventualité.

Une fois le modèle conceptuel approuvé, le concepteur intègre aux paramètres et critères opérationnels déjà élaborés les aspects plus détaillés, afin de s'assurer que le produit final répondra véritablement aux besoins du client. Le concepteur met au point les exigences opérationnelles détaillées, dont les critères de base en ce qui concerne l'équipement de service et l'équipement de forage, ainsi que les aspects touchant la structure, par exemple, la durée de la résistance à la fatigue. On détermine ensuite à quelle société de classification sera adressée la demande et quel sera le pays d'immatriculation, afin de s'assurer que l'unité de forage est conforme aux règlements applicables. Il faut, en outre, établir quels sont les organismes de réglementation qui régissent les régions où l'installation sera exploitée, afin de tenir compte de leurs divers règlements dans l'élaboration d'un plan approprié et économique. La phase du plan d'ébauche conduit à l'élaboration d'un premier schéma de principe, qui aborde les aspects techniques relevant de l'architecture navale, du génie mécanique, du génie électrique et autres disciplines connexes.

Une fois que le modèle conceptuel est établi et que le plan d'ébauche est défini et accepté, on entre dans la phase du plan préliminaire. Le concepteur détermine la disposition des installations du pont, confirmant ou modifiant la répartition des espaces prévue à la phase du modèle conceptuel. On établit les plans et devis de la charpente et les estimations du poids de la structure en procédant par analyse mathématique et par expérience. Il s'agit avant tout de mettre au point une charpente simple et nette, dotée d'éléments en double en cas d'avarie. Des dessins techniques montrant la configuration de base et l'envergure de l'installation sont produits. À partir de la configuration et des dimensions du modèle conceptuel, l'architecte naval estime le poids lège et détermine le centre de gravité vertical de l'unité de forage, en analyse la stabilité et le compartimentage requis. Une analyse mathématique permet d'évaluer les mouvements de l'unité; à cet égard, on peut optimiser les mouvements en reprenant de nombreux éléments du modèle conceptuel et de la configuration initiale. À la suite de ces étapes, il est possible que le client concessionnaire ou le propriétaire demande une analyse du rendement de l'unité en exploitation ou en période d'interruption des opérations.

La phase du plan préliminaire donne lieu également à l'élaboration de bon nombre des devis de base ayant trait à la mécanique et aux systèmes électriques. On détermine les exigences relatives aux systèmes de pompage de l'eau de cale, de l'eau de ballast et de l'eau de refroidissement et on exécute les dessins techniques. Afin de vérifier la répartition des espaces et les exigences qui s'y rattachent, on réalise des schémas de base de l'équipement mécanique, y compris les chambres des pompes. Une première analyse de charge de l'alimentation et des circuits électriques permet de déterminer la capacité requise du groupe électrogène et d'exécuter un plan simple d'un système électrique à une seule ligne. On calcule ensuite le poids de l'équipement électrique pour l'ajouter à l'estimation du poids lège. À ce stade, on effectue souvent des essais de modèles, en particulier lorsque l'unité de forage présente une nouvelle configuration qui diffère sensiblement des autres installations. Des essais en bassin à l'échelle et en soufflerie permettent de vérifier les exigences relatives au comportement lorsqu'il y a mouvements, à l'hydro-dynamisme, au remorquage et à la propulsion, ainsi que les effets des forces du milieu. C'est à ce stade qu'on détermine s'il y a lieu de soumettre l'ensemble du plan préliminaire à l'examen des organismes de réglementation afin d'obtenir une «approbation de principe». Le cas échéant, cette approbation est de nature à régler des questions fondamentales et à ouvrir la voie à l'établissement du plan définitif.

Au stade du plan définitif, on élabore un ensemble de dessins et devis de

construction qui seront soumis à l'approbation d'une société de classification et des organismes de réglementation appropriés. Ces dessins et devis fournissent des précisions sur l'installation à construire et constituent les documents de base pour les soumissions des chantiers navals. Le plan définitif inclura des détails sur l'aménagement de la plate-forme, une analyse et un plan détaillés de la structure, l'analyse de la stabilité de l'amarrage effectuée par l'architecte naval, un plan détaillé de l'équipement mécanique et électrique ainsi qu'un devis de construction faisant état des matériaux, de l'outillage et des travaux requis.

Lorsque le plan définitif est soumis à l'approbation de la société de classification et des organismes de réglementation, il fait l'objet de l'examen de nombreux groupes au sein de cette société et de chacun des organismes. C'est pourquoi le processus d'approbation peut s'avérer passablement long et il est très rare qu'il soit terminé au moment des demandes de soumissions. Il se poursuit donc après le début des travaux et porte non seulement sur les documents relatifs à la construction, mais également sur les aspects touchant la conception. Afin de minimiser les modifications en cours de construction, surtout après que les commandes d'acier sont passées, les concepteurs s'efforcent de soumettre par «tranches» le fruit de leur travail aux organismes de réglementation.

■ *TENDANCES DE LA CONCEPTION* La conception des trois principaux types de MODU exploités dans les eaux de la côte est du Canada - soit les plates-formes auto-élévatrices, les navires de forage et les installations semi-submersibles – a évolué au point où les tendances actuelles et futures consistent et consisteront surtout à perfectionner les systèmes individuels, à réduire les coûts et à accélérer la construction. Des progrès sensibles ont été réalisés dans les domaines de la stabilité et de l'étanchéité à l'eau, des systèmes d'amarrage et de positionnement dynamique, des systèmes de ballast et des servitudes de bord. Une meilleure compréhension du comportement du métal à la fatigue a amené des changements dans les procédés de soudage employés dans la construction des MODU. On s'est efforcé également d'améliorer les aspects touchant les opérations des plates-formes en milieu hostile.

Lorsqu'on a conçu les tout premiers modèles de plates-formes mobiles, les considérations relatives à la stabilité se limitaient à prévoir une hauteur métacentrique et une aire de flottaison suffisantes pour que l'unité de forage puisse résister aux effets de vents de 35 à 50 mètres/seconde. Peu à peu, d'autres préoccupations sont venues s'ajouter et on a adopté le critère de l'inondation accidentelle pour permettre à l'installation de forage de se maintenir à flot en dépit des dommages résultant d'une éventuelle collision. À l'époque, les concepteurs n'avaient à peu près pas de point de repère, car la plupart des règlements relatifs à la stabilité s'appliquaient aux navires de forme classique. Le concept de la stabilité s'inspirait des principes généraux de l'architecture navale. Afin que la stabilité à l'état intact soit assurée, il fallait avant tout que la hauteur métacentrique reste positive, quel que fût le tirant d'eau, et qu'elle soit suffisante, au tirant d'eau en exploitation, pour faciliter les opérations de forage. Dans le cas des unités dotées d'une tour de forage «décentrée», cela pouvait entraîner de sérieux problèmes en raison du déséquilibre causé par la variation et l'importance des charges s'exerçant sur le crochet et le mât de forage. Quant à la stabilité des semi-submersibles à l'état intact, elle ne posait pas de problème particulier, une fois les exigences opérationnelles remplies. Il en allait de même des unité auto-élévatrices et des navires de forage; cependant, dans les deux cas, le franc-bord s'avérait un facteur important. Par ailleurs, les pertes relativement élevées pendant le remorquage des unités auto-élévatrices peuvent être attribuées en partie à la coque, moins apte à tenir la mer en raison de son faible franc-bord, et à la hauteur considérable des jambes en position élevée, qui amplifie l'effet du roulis.

De nos jours, les règles s'appliquant à la stabilité des MODU à l'état intact

veulent que l'unité possède une force de redressement suffisante pour contrer la force de chavirement du vent. Tous les facteurs pris en considération visent à faire entrer en ligne de compte les effets dynamiques par l'application de l' nalyse empirique. Bien que ces règles se soient avérées satisfaisantes, on consacre actuellement des efforts considérables à la recherche afin de mieux comprendre les répercussions des conditions du milieu sur la stabilité à l'état intact.

Pour leur assurer une certaine stabilité en cas d'avarie, on a doté les premières MODU du type «barge» de quelques cloisons ou subdivisions internes étanches; mais, dans la plupart des cas, il n'existait aucun critère explicite quant à la limite de tolérance en cas d'inondation. En général, les concepteurs supposaient l'envahissement d'un compartiment par l'eau puis appliquaient une certaine contrainte, soit au franc-bord, soit à l'angle d'inclinaison. Les premières règles officielles en matière de conception d'unités de forage, publiées en 1968 par l'*American Bureau of Shipping*, prévoyaient une situation où un seul compartiement serait inondé et où le franc-bord serait positif après avarie, tout en tenant compte de l'effet statique d'un vent de 50 noeuds. Par ailleurs, on se perdait en conjectures quant à savoir si cette norme s'appliquait à n'importe quel compartiment ou seulement aux compartiments situés au niveau de la ligne de flottaison. L'édition de 1973 des Règles de conception est venue clarifier cette question en précisant que la norme ne s'appliquait qu'aux compartiments endommagés se situant près de la ligne de flottaison.

De nos jours, les règles de stabilité après avarie édictées par les sociétés de classification prévoient l'inondation d'un compartiment ou font appel à des exigences plus strictes. Elles tiennent compte de l'effet statique d'un vent de 50 noeuds mais non des vagues et des mouvements, qu'il s'agisse de la conception du franc-bord ou des ouvertures d'envahissement par les hauts. De nombreuses pertes par suite d'inondation sont imputables à l'envahissement des vagues par les multiples ouvertures situées au-dessus de la ligne de flottaison statique à l'état intact. Pour s'assurer d'une marge de sécurité en cas d'erreur de ballastage ou autre pendant les opérations, beaucoup de concepteurs estiment qu'il faut établir une norme prévoyant l'inondation d'un seul compartiment sans référence à la ligne de flottaison.

Depuis l'apparition des premières installations de forage, l'attention accordée à la stabilité des MODU s'est accrue, passant des méthodes empiriques à une réglementation stricte. Bien que subsiste le désir d'adopter des critères de stabilité à l'état intact qui soient de plus en plus rationnels, il n'y a aucun argument prouvant hors de tout doute que les règles actuelles sont insatisfaisantes. Toutefois, on peut se poser certaines questions quant à la possibilité d'appliquer les règles actuelles dans les régions au climat rigoureux.

Le système d'amarrage ou de positionnement dynamique doit permettre un contrôle précis de la plate-forme au-dessus de la tête du puits et engendrer une résistance suffisante pour le maintien en place dans des conditions d'exploitation normales. Ces considérations ont entraîné la mise au point de systèmes plus complexes que ceux qui sont utilisés habituellement dans le cas des navires. Les systèmes d'amarrage classiques sont actuellement limités aux unités de forage exploitées par des profondeurs d'environ 460 mètres. Au-delà de cette limite, le poids des éléments du système d'amarrage réduit la charge utile de l'installation. En outre, plus la profondeur est grande moins les systèmes d'amarrage caténaire sont efficaces sur le plan du positionnement et il devient impossible de maintenir l'unité de forage en place par grosse mer.

L'évolution des systèmes de positionnement dynamique remonte à l'apparition des systèmes d'amarrage classiques dotés de propulseurs. Des systèmes de contrôle ont été mis au point pour régler la poussee et l'orientation de chaque propulseur, ce qui a permis l'élaboration des systèmes de positionnement dynamique comme tels. Bien que ces systèmes rendent superflue aujourd'hui l'utilisation des

ancres en guise de système auxiliaire, cela n'est pas rentable dans des profondeurs moyennes et s'avère impossible sur les hauts-fonds. Dans les eaux de l'est du Canada, les MODU dotées d'un système de positionnement dynamique utilisent également le système d'amarrage ordinaire.

Les derniers perfectionnements apportés aux systèmes de positionnement dynamique concernent l'équipement de détection et de contrôle de la position ainsi que la conception des propulseurs. Les systèmes d'amarrage classiques se sont améliorés grâce aux innovations suivantes: chaînes extrêmement résistantes, dispositifs de décrochage d'urgence, systèmes automatiques de contrôle de la tension et de répartition des charges et lignes de déplacement des chaînes. De plus, les ordinateurs de bord permettent maintenant au personnel d'évaluer les mouvements du bâtiment et les forces dynamiques exercées par les câbles d'amarrage pour déterminer la disposition idéale des ancres, prévoir les tensions et analyser l'incidence des changements survenant dans les opérations.

Jusqu'à l'avènement des installations submersibles et semi-submersibles, les MODU, en particulier les unités auto-élévatrices, n'avaient pas de systèmes de ballasts spécialisés. Au mieux, la plupart des unités étaient dotées d'un type quelconque de pompe de cale ou d'un dispositif d'évacuation de l'eau, conformément aux règles de classification établies à l'égard des navires. Mais, avec l'apparition des installations semi-submersibles, on a élaboré une nouvelle série d'exigences concernant le système de ballasts. Sur les premières unités semi-submersibles, le ballastage consistait à inonder les réservoirs des pontons par gravité, tandis que le délestage se faisait en expulsant l'eau du réservoir de ballast inférieur par pompage. S'il fallait ballaster ou délester d'autres réservoirs, on les reliait à un réservoir central communiquant avec un réservoir de ballast inférieur. Même si les opérateurs pouvaient commander ce système en toute sécurité, on souhaitait, en général, exercer un contrôle un peu plus concret et direct sur chacun des réservoirs de ballast. C'est pourquoi on a mis au point le collecteur de ballast central, qui permettait un accès plus direct aux vannes et un contrôle individuel des réservoirs. Dans les systèmes dotés de collecteurs ordinaires, on a introduit des vannes de coupure afin de diviser le collecteur et de prévenir tout transfert accidentel de ballast à partir des réservoirs situés à l'extrémité des pontons. De façon générale, le perfectionnement des systèmes de ballasts a conduit à une disposition plus centralisée et plus accessible.

En ce qui concerne les unités auto-élévatrices, plusieurs méthodes sont employées pour les équilibrer à flot. Lorsque la coque est élevée à faible hauteur au-dessus de l'eau, il faut recourir à un système de charge d'étalonnage afin de transférer aux jambes un poids suffisant pour qu'elles s'enfoncent. Une fois les jambes bien ancrées dans le fond marin, il ne reste plus qu'à délester les réservoirs. Dans le cas des installations auto-élévatrices à treillis sur semelle, on peut remplir la «semelle» d'eau afin d'obtenir la pression d'appui nécessaire, une fois la plate-forme sur les lieux de forage. Avant un long déplacement, toutefois, on déleste parfois la semelle en y injectant de l'air sous pression.

Peu à peu, les systèmes de ballasts des plates-formes semi-submersibles sont devenus plus complexes. Pour que ces unités de forage soient en mesure de se maintenir à flot en dépit de dommages plus considérables, on leur a ajouté d'autes réservoirs de ballast. Dans certains cas, on a également prévu des pompes et des installations de pompage supplémentaires afin d'assurer la sécurité des opérations à angle d'inclinaison prononcé et, dans une certaine mesure, le redoublement du système. La nature de plus en plus complexe de ces systèmes entraînera la conception de dispositifs de contrôle de plus en plus perfectionnés. Toutefois, si l'on veut accroître la sécurité des opérations de forage en mer, ou tout au moins la maintenir, il faudra inciter les concepteurs à mettre l'accent sur la fiabilité et la simplicité des systèmes de ballasts.

Les règles de classification dans ce domaine s'appliquent surtout aux composants des systèmes de ballasts ainsi qu'aux systèmes de pompage. Néanmoins, on reconnaît la nécessité d'élaborer des critères relatifs à l'opération des systèmes de ballasts et les propriétaires comme les organismes de réglementation y consacrent des efforts considérables.

Avec l'évolution des MODU, l'équipement de service est devenu de plus en plus complexe. Les besoins relatifs aux systèmes de refroidissement, d'alimentation en mazout, de compression d'air, d'injection de boue liquide et de boue sèche, ainsi que les besoins relatifs à la production d'énergie électrique ont tous connu une augmentation importante. Les progrès réalisés dans le domaine de l'informatique ont permis d'accroître l'utilisation de systèmes de commande et de contrôle à distance. Sur le plan de la conception, la tendance la plus importante a consisté à mettre l'accent sur le redoublement ou la redondance des systèmes et sur leur utilité en cas d'urgence.

L'exploration pétrolière dans des régions froides où l'on rencontre des glaces et des icebergs a amené les concepteurs à doter les installations de forage de caractéristiques particulières. Bon nombre d'unités de forage de classe internationale, en particulier celles qui sont destinées aux régions nordiques, comportent des canalisations chauffées et des zones de travail en majeure partie abritées, notamment le plancher de forage. On a également établi des procédures d'exploitation précises en ce qui a trait aux charges de glace et de neige, au danger de rencontrer un iceberg ou une banquise et au décrochage des chaînes d'ancre en cas d'urgence. Les plans les plus récents, en ce qui concerne les MODU de classe internationale destinées aux opérations en région arctique, font appel aux derniers progrès survenus dans le domaine de la technologie des matériaux, notamment à l'utilisation d'un acier à haute résistance conçu en fonction de basses températures.

Les règles appliquées actuellement par les sociétés de classification ne prévoient qu'un renforcement limité des unités de forage en guise de protection contre les glaces. Cette protection est confinée, en effet, aux éléments situés près de la ligne de flottaison, et ce, au tirant d'eau normal en transit; le renforcement de ces éléments ne vise qu'à protéger la coque de la glace morcelée, lorsque la MODU est en transit dans des eaux en grande partie dégagées. Très peu d'installations de forage sont dotées d'une protection supérieure à celle qu'exigent les sociétés de classification, bien qu'on ait construit plusieurs unités semi-submersibles renforcées en vue de leur exploitation dans des eaux partiellement recouvertes de glace.

CONTINUITÉ DE L'ÉCHANGE DES INFORMATIONS DANS LA CONCEPTION ET L'EXPLOITATION

Continuité de l'échange des informations
Noble, Denton and Associates, Inc.,
Houston, Texas,
décembre 1984

Chacune des parties engagées dans la conception, la construction et l'exploitation d'une installation de forage assume certaines responsabilités fondamentales à l'égard de la sécurité. Le propriétaire doit assurer la sécurité et la bonne marche des opérations; par conséquent, il lui incombe de veiller à ce que l'unité de forage soit conçue et construite en fonction des conditions du milieu où elle sera exploitée, à ce qu'elle fasse l'objet d'une maintenance appropriée et à ce qu'elle satisfasse à la réglementation applicable à la région où se déroulent les opérations. Le concepteur est chargé de dresser les plans de l'unité en fonction de la sécurité des opérations et de critères spécifiques quant au milieu naturel, à la charge utile, à la capacité de forage et aux limites d'exploitation. La conception de la plate-forme de forage est également assujettie aux règles de classification et aux règlements applicables. Le constructeur doit respecter les stipulations du contrat et se conformer aux règles de classification, aux exigences réglementaires et aux dessins et devis fournis par le concepteur. Pour sa part, l'exploitant est tenu d'utiliser une unité apte à résister aux conditions du milieu en deça d'une marge de risque acceptable et de s'assurer que cette unité satisfait à tous les règlements applicables. Il assume également la responsabilité des opérations de forage et, notamment, des mesures destinées à prévenir les éruptions et les déversements de pétrole.

La société de classification procède, en tant que tierce partie, à l'évaluation de la conception, de la construction et de la maintenance en exploitation des MODU, afin de s'assurer que les règles applicables à la classe de l'unité de forage sont observées. Dans une certaine mesure, l'évaluation des plans se fonde sur les critères établis par le concepteur et acceptés par le propriétaire. Cependant, le rôle des organismes de réglementation des états côtiers varie d'un territoire à un autre et il en va de même de leurs exigences. Là où des organismes gouvernementaux ont pour mandat de promulguer des règlements concernant la sécurité des MODU, l'exploitant est tenu de démontrer que les opérations de l'unité de forage peuvent se dérouler en toute sécurité. Ces organismes peuvent également établir des règlements en ce qui a trait au matériel de sécurité et exiger un certain degré de compétence et de formation chez les membres d'équipage. Dans certains cas, le propriétaire ou l'exploitant peut embaucher un vérificateur ou un expert maritime pour se conformer aux exigences des assureurs. Il incombe alors à ce dernier de fournir une évaluation impartiale des risques inhérents au déplacement et à l'exploitation de l'unité de forage.

Quoi qu'il en soit, un examen plus approfondi du rôle de chacune des parties au cours de la conception, de la construction et de l'exploitation des MODU s'impose, afin de faire ressortir, s'il y a lieu, les lacunes sur le plan de l'échange d'informations. Le rôle des diverses parties ne peut jamais être défini avec exactitude car il varie en fonction de chaque projet et de la perception de chacun des groupes concernés.

■ *LE PROPRIÉTAIRE* Lorsqu'une compagnie décide de se faire construire une plate-forme de forage, elle étudie les plans ou concepts disponibles et susceptibles de répondre aux exigences d'une zone d'exploitation. Si elle ne trouve pas de plan ou de concept qui convienne, la compagnie peut, soit engager un concepteur pour élaborer de nouveaux plans ou modifier des plans existants, soit affecter son propre personnel à cette tâche.

Si l'on veut que l'unité de forage remplisse bien sa fonction, il faut qu'elle réponde à un ensemble d'exigences. On doit déterminer quelles sont les conditions du milieu dans la région où se dérouleront les opérations, particulièrement en ce qui concerne la force du vent, des vagues et du courant au cours d'une tempête dont la période de récurrence est de 50 ou de 100 ans. L'incidence des conditions environnementales sur la conception de l'installation de forage est considérable. Toutefois, l'étude des conditions extrêmes n'est pas une science exacte et les données fournies relativement à une même région peuvent varier sensiblement d'un expert à l'autre. En outre, les conditions extrêmes prévues tendent à augmenter au fil des ans, à mesure que les données météorologiques d'une zone d'exploitation s'accumulent. Bien que leur justesse puisse parfois être mise en doute, les données relatives aux conditions extrêmes revêtent une importance capitale dans le processus de la conception et justifient souvent l'approbation ou le rejet d'un modèle.

Les sociétés de classification approuvent les plans en fonction des conditions environnementales spécifiées par le concepteur; elles n'ont pas à juger du bien-fondé de ces conditions au regard de la zone d'exploitation éventuelle. Il se peut, par conséquent, que le propriétaire ait à assumer des responsabilités supplémentaires et à fixer des limites plus raisonnables quant à l'exploitation, au transit et à la sécurité de l'unité de forage dans la zone en question. Les sociétés de classification offrent maintes garanties facultatives, qui doivent être spécifiées par le propriétaire dans le contrat de construction. Le choix de la société de classification repose souvent sur des considérations d'ordre économique; si le propriétaire veut faire appel à une société autre que celle qui est proposée par le concepteur ou le constructeur, le prix du contrat peut augmenter en fonction de l'estimation des coûts qu'entraînera le respect des nouvelles normes. En réalité, le propriétaire n'est pas tout à fait libre de choisir la société de classification, à moins qu'il ne le fasse au tout début de la phase de la conception ou qu'il n'accepte de payer des frais supplémentaires. C'est également le propriétaire qui choisira le port d'attache de l'unité de forage et, par conséquent, le pays d'immatriculation, ce qui déterminera la réglementation gouvernementale qui s'appliquera. Si l'installation doit être exploitée dans la mer du Nord ou au large des côtes canadiennes, il est fort probable que sa classification et les autres certificats obtenus ne seront pas suffisants, puisque les gouvernements exigent l'examen des plans par un organisme indépendant afin de déterminer si leurs règlements sont observés. Il est donc extrêmement important pour le propriétaire de préciser, au début du processus de conception, dans quelle région l'unité de forage sera exploitée, s'il veut éviter les frais élevés qu'entraîne toute modification.

Habituellement, c'est le propriétaire qui fournit l'équipement de forage de l'unité et, souvent, l'équipement d'amarrage, le matériel de sécurité, de même que l'équipement de service en général. Lorsque tel est le cas, le propriétaire doit collaborer étroitement avec le concepteur et le constructeur afin que toutes les infor-

mations relatives à l'équipement soient fournies à temps et que le matériel soit conforme aux règlements qui s'appliquent. En fait, le propriétaire assume une certaine part de responsabilité dans le processus de conception. Il est admis que certains concepteurs ont une expérience limitée des opérations de forage en mer; aussi, la qualité des plans peut dépendre en grande partie de l'apport du propriétaire. Ce dernier doit suivre de très près le processus de la conception et faire appel à toutes ses connaissances et à toute son expérience pour s'assurer que les hypothèses envisagées sont réalistes. Si le propriétaire peut détacher auprès du concepteur et du constructeur des employés compétents et expérimentés pour travailler avec eux, on pourra combler de nombreuses lacunes inhérentes aux processus de la conception, de la classification et de la certification. Le fait que beaucoup de modèles soient vendus et réalisés avant qu'on n'ait trouvé un propriétaire peut limiter ou éliminer la participation de ce dernier à l'étape de la conception.

S'il veut restreindre au minimum les modifications en cours de réalisation, le constructeur a intérêt à limiter l'information transmise au propriétaire de la plateforme. Il peut le faire en faisant valoir son droit de propriété sur la plupart des plans et en limitant le droit de regard du propriétaire de l'unité de forage. Par ailleurs, on considère que le concepteur et le constructeur ont rempli leurs obligations contractuelles lorsque l'unité de forage reçoit l'approbation et la certification de la société de classification et des organismes de réglementation. Toutefois, il se peut que la classification n'ait pas touché tous les aspects de la conception et que, par conséquent, des éléments importants aient été négligés à la vérification ou n'aient pas fait l'objet d'essais concluants. Bien que les représentants du propriétaire puissent inspectet l'unité en construction parallèlement à la vérification de la société de classification, c'est normalement l'évaluation du vérificateur de cette société qui prévaudra en cas de désaccord sur la qualité de la construction.

Comme les manuels d'exploitation ne sont généralement publiés qu'à la fin de la phase de la construction ou qu'au moment de la livraison, le propriétaire peut difficilement se familiariser avec les divers aspects du fonctionnement de l'unité de forage et se voit presque dans l'impossibilité de proposer des modifications lorsque les procédures s'avèrent inapplicables. Souvent, ces manuels sont insuffisants et n'apportent aucune solution à de nombreux problèmes susceptibles de se poser au cours des opérations. Il est possible que les restrictions formulées dans le manuel d'exploitation soient inutilement contraignantes et que le propriétaire décide d'y passer outre. En pareil cas, il sera entièrement responsable de toute initiative prise en dépit des restrictions du manuel et l'expérience, les connaissances et le jugement de son personnel clé détermineront le risque encouru par l'installation et son équipage. Le propriétaire peut aussi entreprendre la révision de certaines parties du manuel ou y ajouter de nouvelles parties traitant des aspects qui ont été négligés. Dans ce cas, il devra peut-être soumettre de nouveau le manuel à l'approbation des autorités compétentes. Cependant, on ne sait pas si cette pratique existe dans les faits et si toutes les autorités gouvernementales ont prévu des procédures relatives à la modification des manuels.

■ *LE CONCEPTEUR* Le rôle du concepteur peut varier en fonction du projet, des obligations qu'il a contractées envers le propriétaire et de sa propre perception. S'il travaille à son compte, il doit d'abord définir certains critères, dont les conditions du milieu où l'unité de forage sera exploitée. Ensuite, il élaborera un plan approprié en vue de le proposer à d'éventuels clients. Incidemment, la plupart des installations de forage auto-élévatrices ont été, et sont encore, l'oeuvre de concepteurs indépendants. D'autre part, le concepteur peut être appelé à élaborer ou à adapter un concept en étroite collaboration avec le propriétaire. Il va sans dire que le risque de lacunes sur le plan de l'échange des informations est plus grand dans le premier cas, en particulier entre le concepteur et le propriétaire éventuel.

Pour réussir, le concepteur doit offrir un produit à un prix concurrentiel sur le

marché. Il s'efforcera donc de concevoir un plan moins coûteux à réaliser que d'autres plans similaires répondant aux mêmes critères. Aussi tente-t-il souvent de réduire au minimum tous les systèmes et l'équipement qui représentent une bonne part des coûts de construction. À cette fin, le concepteur peut utiliser les méthodes d'analyse les plus poussées et les plus complexes pour démontrer que les charges imputables aux conditions du milieu peuvent être réduites et qu'en dépit d'un allègement, la structure peut supporter ces charges. Il est possible que ces plans axés sur un meilleur rendement prévoient une réduction du nombre d'éléments en double dans la structure et imposent des restrictions dans l'exploitation de l'unité de forage. Idéalement, le concepteur devrait trouver un équilibre entre les exigences de la concurrence et la sécurité ainsi que l'efficacité des opérations de forage.

Le degré d'avancement du processus de conception, au moment de la vente, dépend largement de l'aide financière sur laquelle le concepteur peut compter, de l'importance qu'il attache au concept et des conditions du marché. Il y a plusieurs années, quand il était difficile de trouver un chantier de construction disponible, beaucoup de plans étaient vendus avant d'avoir été approuvés par une société de classification. Avec le ralentissement actuel dans l'industrie de la construction des plates-formes de forage, les propriétaires éventuels exigent des preuves de conformité des plans avant d'entamer la négociation d'un contrat. Aussi, le volume des informations échangées entre le concepteur et la société de classification, les organismes de réglementation et les vérificateurs maritimes, au début du processus de conception, peut varier considérablement.

Lorsque les plans ne sont pas terminés au moment de la vente, le concepteur et le constructeur ont tendance à limiter la quantité de détails fournis dans les stipulations du contrat. Habituellement, ils se contenteront de définir les critères de conception en termes plutôt généraux, puis d'assujettir le plus grand nombre possible d'éléments à l'approbation de la société de classification et des organismes de réglementation, limitant ainsi au minimum le droit de regard du propriétaire sur le processus de conception.

Même si les règles de classification et les exigences réglementaires ne sont pas destinées, en principe, à établir un code rigide de conception et de construction, elle le deviendront dans les faits si le propriétaire ne se réserve pas, dans le contrat, un droit de regard sur le processus de conception. Les exigences minimales prévues dans les règles de classification et dans les exigences réglementaires pourraient représenter la limite des possibilités de l'unité de forage, tandis que les aspects mal définis dans ces règles et règlements constitueraient les points faibles de l'unité. Toutefois, cette éventualité est assujettie aux conditions du marché ainsi qu'à l'expérience, à la compétence technique et aux qualités de négociateur du propriétaire quand vient le temps de rédiger les clauses du contrat.

Outre les considérations relatives à la concurrence et les considérations d'ordre technique, la date de livraison est un élément important, puisque l'installation peut avoir été commandée en vue de réaliser un contrat de forage donné. Souvent, le concepteur devra remettre au constructeur des dessins techniques non approuvés afin que ce dernier puisse commencer à planifier les travaux et commander les matériaux nécessaires. Toute modification survenant pendant ou après la construction est onéreuse.

En général, le concepteur et le constructeur acceptent de procéder aux modifications exigées par les sociétés de classification ou les organismes de réglementation. Ces contraintes les amènent toutefois à interpréter de façon plus stricte les clauses, les prescriptions et les dessins inclus dans le contrat, afin de limiter leurs responsabilités, tandis que le propriétaire aura tendance à favoriser une interprétation plus large pour restreindre au minimum les limites imposées à l'unité de forage.

Les livraisons à court terme peuvent avoir un effet néfaste sur l'élaboration et l'évaluation d'un plan. Pour accélérer les travaux de construction, il est possible, effectivement, que le concepteur et le constructeur essaient de restreindre la participation du propriétaire au processus d'approbation. De toute évidence, la meilleure façon de réduire les contraintes qu'impose le délai de livraison consiste à utiliser ou à modifier un plan déjà existant. Le projet peut exiger néanmoins un travail considérable de la part du concepteur, car il faut souvent adapter ce plan aux exigences particulières du propriétaire. Dans presque tous les cas, on doit soumettre à la société de classification et aux organismes de réglementation l'ensemble des renseignements relatifs à chaque MODU. La seule exception à cette règle concerne les plates-formes identiques construites au même chantier; on considère alors que les renseignements relatifs à l'une s'appliquent également aux autres.

Comme une bonne partie du travail de conception peut se trouver encore sur les planches à dessin après le début de la construction, la plupart des concepteurs apportent une aide soutenue au constructeur. Le concepteur peut exécuter tous les dessins de construction détaillés ou être chargé de réaliser les dessins de conception tandis que le constructeur fera les dessins de construction. Il se peut également qu'en vertu du contrat conclu entre le concepteur et le constructeur, ce dernier doive soumettre ses dessins à l'approbation du concepteur ou l'informer de toute modification importante. On discutera des modifications à apporter, on évaluera l'effet de différentes marges de tolérance et on déterminera quelles seraient les conséquences d'une substitution d'équipement ou de matériaux. À cet égard, la transmission tardive des renseignements relatifs à l'équipement fourni par le propriétaire peut retarder la conception des divers systèmes et leur soumission à l'approbation des sociétés de classification et des organismes de réglementation.

À moins que le concepteur ne figure dans l'organigramme de l'entreprise du propriétaire, il est peu probable qu'il obtienne en retour des renseignements importants sur le rendement opérationnel de l'unité de forage. C'est pourquoi de nombreux concepteurs souhaitent jouer un rôle plus important dans l'exploitation des plates-formes, ce qui leur permettrait de concevoir des installations aux caractéristiques opérationnelles améliorées.

■ *LE CONSTRUCTEUR* Il est souvent difficile de départager les responsabilités du constructeur et du concepteur. En général, lorsque le constructeur obtient d'un concepteur établi à son propre compte un permis pour la réalisation d'un plan donné, ce concepteur lui fournit des dessins de conception approuvés, des suggestions de calendriers, des données techniques, des procédures à suivre, ainsi que des renseignements sur d'autres unités de forage de conception identique. Certains concepteurs indépendants fournissent des renseignements détaillés; d'autres présentent des dessins et devis généraux qui, parfois, ne font pas ressortir suffisamment les contradictions existant entre les structures, les systèmes et l'équipement. Notons qu'il est difficile de préciser dans un contrat la qualité des renseignements que le concepteur doit fournir au constructeur. Dans certains cas, cependant, l'élaboration des plans est confiée à un groupe de concepteurs employés au sein de l'entreprise du constructeur, ce qui facilite l'échange d'informations. Chose certaine, ce dernier a tout intérêt à évaluer, vant de s'engager par contrat, la qualité de l'information et de l'aide que le concepteur indépendant lui fournira. Maintes fois, on a constaté que des modifications onéreuses survenaient au cours des phases préliminaires de la construction. Comme les ressources financières du concepteur sont, en général, restreintes, il arrive souvent que le constructeur ait à assumer les coûts supplémentaires.

Lorsqu'il évalue un plan, le constructeur tient compte de ses propres services d'ingénierie ou de conception, ainsi que de la capacité de son entreprise. Beaucoup de plans font appel à des facteurs de tolérance, à des compétences de sou-

dage, à des installations de transformation des matériaux et à des méthodes de construction que seul un constructeur expérimenté peut offrir. Il n'est pas rare que certains plans exigent des facteurs de tolérance et des méthodes que les chantiers navals ordinaires ne sont peut-être pas en mesure d'appliquer.

Il incombe habituellement au constructeur de dresser les plans détaillés, de convertir les mesures du système impérial au système métrique et, s'il y a lieu, de trouver des matériaux équivalents. Aussi, il est possible qu'il lui faille obtenir l'approbation d'une société de classification pour ces données techniques, ces procédures et ces plans plus perfectionnés. Quoi qu'il en soit, il est toujours prudent de soumettre les dessins détaillés à l'examen du concepteur avant d'entreprendre les travaux de construction. Dans les faits, toutefois, cela est rarement le cas, étant donné les restrictions qu'imposent le calendrier des travaux, les considérations d'ordre économique et la main-d'oeuvre. Sans la contribution du concepteur, il se peut que le constructeur et le vérificateur de la société de classification négligent certains détails importants.

Il est clair que le constructeur assume la responsabilité principale à l'étape de la construction; mais la qualité des travaux exécutés repose également sur l'apport du concepteur. Par ailleurs, s'il est prévu que le propriétaire fournit une bonne partie de l'équipement, le constructeur doit s'en remettre à lui pour obtenir de l'information et de l'aide. Étant donné que les délais de livraison sont souvent serrés et que les préparatifs en vue de la construction exigent beaucoup de temps, le constructeur a intérêt à restreindre au minimum les modifications de dernière minute. Comme il importe par-dessus tout que le plan et les dessins techniques soient soumis à l'approbation de la société de classification et des organismes de réglementation, l'examen du propriétaire sera restreint au minimum. D'autre part, même si les représentants du constructeur et du propriétaire arrivent à la conclusion que certaines modifications pourraient améliorer sensiblement l'installation de forage, il se peut que l'incidence de ces modifications sur le prix et le délai de livraison en interdisent l'exécution.

Normalement, le constructeur confie le contrôle de la qualité de la construction à un service interne distinct. La plupart des constructeurs ont un excellent service de contrôle de la qualité; il n'en reste pas moins que certains chantiers ne peuvent appliquer les normes du contrôle de la qualité que jusqu'à un certain point. Bien que ce soit le constructeur qui soit responsable des divers essais menés en vue de la certification de la plate-forme, beaucoup de tests de fonctionnement supposent la participation du propriétaire. Il se peut même que certains essais, pourtant nécessaires, ne soient pas effectués du fait qu'ils ne constituent pas une exigence de classification et qu'ils ne sont pas mentionnés explicitement dans le contrat de construction.

Dans le cadre du processus de certification, le constructeur est souvent tenu de fournir des dessins conformes à l'exécution, les manuels définitifs d'exploitation de l'équipement et des systèmes, ainsi que divers certificats exigés dans le contrat. Certains concepteurs sont très jaloux de leur droit de propriété à l'égard des plans et omettent de fournir au propriétaire de l'unité de forage des dessins relatifs à la structure, en dépit du fait que divers règlements exigent qu'on conserve en tout temps à bord de la plate-forme un jeu complet de dessins techniques.

Il se peut qu'à l'instar du concepteur, le constructeur n'obtienne en retour du propriétaire aucun renseignement révélateur, à moins qu'il n'existe un lien étroit entre les deux ou que des problèmes importants ne surviennent. Le rôle du constructeur peut être limité aux recours en garantie, au déplacement de l'unité de forage et à la fourniture de pièces de rechange au cours des premières années d'exploitation.

■ *L'EXPLOITANT* À moins que l'unité de forage ne soit conçue pour une opération précise, la participation directe de l'exploitant au processus de conception est

limitée. En pareil cas, ses exigences sont transmises au concepteur par le propriétaire. Dans les cas extrêmes où il n'y a pas de concept éprouvé, beaucoup d'exploitants s'engagent dans l'élaboration des plans en commandant des études de conception ou en collaborant activement avec les propriétaires. Par conséquent, l'exploitant peut assumer une certaine part de responsabilité en ce qui a trait à la qualité générale d'un plan. Il lui appartient, en effet, de préciser les conditions environnementales dans lesquelles l'unité de forage sera exploitée et de s'assurer que celle-ci répond aux critères qui en découlent. Les critères relatifs à la survie peuvent provenir de source indépendante ou être définis par les organismes de réglementation. Si ces critères ne peuvent être appliqués directement à la conception de l'installation de forage, il se peut que l'exploitant ait à commander des études privées pour prouver que cette installation peut résister aux conditions environnementales les plus rigoureuses. Dans certains cas, l'exploitant exigera que des inspections de sécurité complètes soient effectuées et que des programmes exhaustifs d'essais non destructifs soient réalisés.

Comme les manuels d'exploitation des MODU ne traitent que de l'aspect maritime des préparatifs de sauvetage, l'exploitant doit veiller à ce que les procédures d'interruption des opérations de forage s'intègrent logiquement dans ces préparatifs. Beaucoup de ces procédures peuvent être établies en collaboration étroite avec le propriétaire et doivent être bien comprises par les deux parties. Cela signifie que les représentants de l'exploitant à bord de la plate-forme doivent posséder une bonne connaissance des facteurs maritimes comme des facteurs environnementaux et bien connaître les limites de l'installation.

■ *LA SOCIÉTÉ DE CLASSIFICATION* Au cours de la phase de la conception, la société de classification effectue une évaluation indépendante de l'unité de forage, c'est-à-dire la conception de la structure, la stabilité, les systèmes critiques et tout équipement ou tout système supplémentaire que le propriétaire souhaite assujettir aux règles de la société. Toutefois, les limites de la participation de la société de classification ne sont pas toujours bien comprises par le propriétaire. Dans son évaluation de la structure de l'unité, la société de classification s'en tient aux critères énoncés dans le contrat de construction ou se fonde sur les critères découlant de ses propres règles. L'approbation de la conception ne signifie pas nécessairement que l'unité de forage peut être exploitée dans toutes les régions auxquelles cette approbation s'applique.

Toutes les sociétés de classification se livrent à des analyses indépendantes de la stabilité des MODU. Cependant, elles n'ont pas toutes la même façon d'aborder l'examen de la conception de la structure. Ainsi, une société procédera à la révision des calculs et des postulats utilisés par le concepteur, tandis qu'une autre effectuera une analyse tout à fait distincte à partir de ses propres hypothèses, établies d'après les limites opérationnelles définies par le concepteur.

Au cours des dernières années, des sociétés de classification ont accru leur participation à l'évaluation des MODU par le biais de protocoles d'entente conclus avec plusieurs organismes de réglementation nationaux et internationaux. Cela signifie qu'elles procèdent simultanément à l'examen de la stabilité de la plate-forme et à l'examen en vue de sa classification. Elles étendent ensuite leur examen aux exigences prévues dans la réglementation et effectuent toute analyse supplémentaire qui s'impose. Ces sociétés de classification sont finalement en mesure d'examiner le manuel d'exploitation à la lumière des règlements applicables.

Les experts de la société de classification se rendront sur le chantier pour s'assurer que l'unité de forage est construite en conformité avec les règles de la société et selon les plans approuvés. En raison de leur nombre limité, ces experts peuvent rarement assurer de façon permanente le contrôle de toutes les phases de la construction. Aussi, leur efficacité dépendra du service de contrôle de la qualité fourni par le constructeur et de leurs rapports avec ce service. D'autre part,

beaucoup de propriétaires délèguent leurs propres représentants pour exercer un contrôle de la qualité au chantier de construction. Toutefois, il se peut que l'efficacité de ces derniers soit restreinte, à moins que le contrat de construction ne stipule clairement que leur approbation est également requise. Normalement, à l'étape de la construction, les représentants du propriétaire et les inspecteurs communiquent régulièrement entre eux, même s'il n'existe aucune clause contractuelle liant directement le propriétaire et la société de classification.

■ *LES ORGANISMES DE RÉGLEMENTATION* Comme beaucoup d'États côtiers exigent que les installations de forage aient été certifiées avant d'en permettre l'exploitation, la conception des MODU est largement tributaire des règlements gouvernementaux. Si ces règlements correspondent à peu près à la norme reconnue en matière de conception de plates-formes de forage, peu de modifications seront nécessaires. Par contre, si les règlements sont plus stricts, il est possible qu'il faille changer complètement les plans ou apporter des modifications onéreuses aux unités de forage existantes. Comme les règlements gouvernementaux s'appliquent à des régions précises, il se peut qu'on se retrouve avec deux normes, car ce n'est pas tous les propriétaires qui acceptent de payer le prix de normes plus élevées. En général, la plupart des règlements ne créent aucun problème au concepteur, pourvu qu'ils soient bien définis et qu'ils ne fassent pas l'objet de modifications répétées ou d'interprétations personnelles de la part des inspecteurs; malheureusement, ce n'est pas toujours le cas et, comme beaucoup de contrats de construction indiquent simplement que le concepteur et le constructeur acceptent la pleine responsabilité quant au respect de certains règlements, il est fort possible que, dans les faits, ils s'engagent à assumer une responsabilité qui n'est pas clairement définie.

Une fois qu'on a accordé à l'installation de forage les certificats nécessaires, l'Etat côtier envoie des inspecteurs pour s'assurer que les règlements ont été respectés. Leur inspection peut porter surtout sur les éléments relatifs à la sécurité de l'unité de forage, par exemple, sa stabilité, son matériel de sauvetage, son système de lutte contre les incendies, ainsi que ses systèmes de prévention des éruptions et de lutte contre la pollution.

■ *LE VÉRIFICATEUR* Dès l'origine des activités de forage en mer aux É.-U., les compagnies d'assurance ont accepté d'assumer le risque des opérations des MODU. Avec le développement de l'industrie à l'échelle internationale, les assureurs en sont venus à offrir une protection à l'égard des remorquages en eaux internationales. Toutefois, cette protection est assujettie à la recommandation et à l'approbation d'un vérificateur ou d'un expert maritime indépendant et reconnu.

À l'étape de la conception, le rôle du vérificateur maritime est plutôt restreint et entièrement soumis au gré du propriétaire, du concepteur et du constructeur; toutefois, il arrive souvent que les recommandations d'un vérificateur maritime indépendant et réputé, en ce qui a trait au remorquage sur terre et en mer, soient incluses dans le contrat de construction. Certains propriétaires demandent aux mêmes vérificateurs maritimes d'effectuer des études de faisabilité à l'étape de la conception, afin de s'assurer que l'installation puisse être exploitée et déplacée en toute sécurité dans la région prévue. Les concepteurs ont également recours à ce genre d'études pour démontrer aux propriétaires éventuels qu'on a tenu compte des aspects relevant du domaine maritime et que le vérificateur maritime reconnaît les qualités de l'unité de forage. Au cours de la construction, le propriétaire peut faire appel à ce dernier pour évaluer les modifications apportées aux plans et collaborer à la préparation de l'unité en vue de son «lancement».

Avant le début des opérations en mer, le vérificateur maritime peut effectuer des études de faisabilité si les conditions régnant dans la zone d'exploitation ne correspondent pas directement aux critères de conception de la plate-forme. Ces études peuvent être faites pour le compte du propriétaire ou de l'exploitant. De

même, le vérificateur peut étudier la question du transport ou du remorquage de l'unité sur de longues distances. Il veillera alors aux préparatifs en vue du déplacement, assistera au chargement et au déchargement et émettra un certificat d'approbation. Le vérificateur peut également monter à bord de la plate-forme pendant le transit pour veiller à ce que les recommandations de l'étude de faisabilité soient suivies.

La plupart des bureaux de vérification maritime s'occupent également de l'évaluation des sinistres et des demandes de dédommagement; aussi ont-ils acquis une vaste expérience en ce qui concerne les problèmes des MODU qui relèvent du domaine maritime. La qualité de leurs services dépend largement du rôle que leur reconnaît l'industrie, de leurs politiques en matière d'examen et d'approbation, ainsi que des connaissances et de l'expérience de leur personnel.

■ *LACUNES DANS L'ÉCHANGE DES INFORMATIONS* Les diverses parties engagées dans la conception, la construction et l'exploitation des MODU sont toutes liées entre elles par un phénomène complexe d'interaction qui tient à leur compétence, à leur interprétation des informations fournies, à leur perception de leur propre rôle, à leur esprit de collaboration et, dans une certaine mesure, aux conditions du marché.

On est parvenu à cerner certaines préoccupations en ce qui concerne la continuité de l'échange des informations. Il se peut, notamment, que la portée de l'examen des plans aux fins de classification et de l'inspection de la construction soient trop limitées. De toute évidence, les organismes de réglementation peuvent influencer le champ d'application de ces deux fonctions et, dans les faits, c'est ce qui se produit de plus en plus. Les contrats et devis de construction comportent souvent d'importantes lacunes dans la description des qualités et des caractéristiques de l'unité de forage et des erreurs se glissent dans la conversion des données de conception en données de contruction détaillées. Une fois que l'installation de forage est en exploitation, les renseignements relatifs à son rendement pourraient servir de données à partir desquelles améliorer les plans à venir. Toutefois, on remarque une lacune en ce sens qu'aucun renseignement d'importance quant aux vices de conception découverts à l'étape de l'exploitation n'est fourni en retour au concepteur et au constructeur et qu'il n'y a pas de tribune libre où l'on puisse échanger les informations importantes recueillies à la suite d'accidents.

La possibilité que surviennent des failles et des problèmes graves dans l'échange des informations entre les diverses parties existe, certes, et peut entraîner des vices de conception et accroître le degré de risque. Dans quelle mesure ces failles et problèmes occasionneront-ils des risques importants? Cela dépend surtout de l'engagement et de la compétence des parties en cause. Si leur engagement, leur expérience et leur compétence sont élevés, il est probable que l'installation de forage pourra être exploitée de façon efficace et en toute sécurité.

Mais, même si toutes les précautions sont prises, que tous les règlements sont observés et que tout le personnel est compétent, on ne pourra jamais éliminer complètement les possibilités d'accidents graves. La conception des MODU n'est pas une science exacte et l'erreur de jugement humaine est un facteur qui entre toujours en ligne de compte. Quoi qu'il en soit, le processus de l'échange des informations entre les diverses parties en cause peut, bien souvent, être amélioré.

CONCEPTION DES PLATES-FORMES AUTO-ÉLÉVATRICES

L'utilisation des plates-formes auto-élévatrices sur la côte est du Canada
Noble, Denton & Associates, Inc.
Houston, Texas,
novembre 1984

Les unités mobiles de forage auto-élévatrices ont commencé à être utilisées pour l'exploration pétrolière au début des années 1950, surtout dans le golfe du Mexique. La plate-forme auto-élévatrice est une structure à coques de type chaland possédant un certain nombre de jambes tubulaires ou à treillis ouvert et munie d'un système de vérins permettant de soulever la barge au-dessus de l'eau à une hauteur suffisante pour la soustraire à l'effet des vagues. Destinées à servir dans les eaux peu profondes du golfe sur la côte des États-Unis, les premières plates-formes auto-élévatrices étaient spécifiquement conçues pour affronter des vagues de 7 à 10 m et des vents de 70 noeuds.

Même si la zone côtière du golfe est exposée à des ouragans dont l'intensité dépasse les normes de conception des plates-formes, le simple fait qu'elles étaient situées tout près de la côte permettait aux membres d'équipage de disposer de suffisamment de temps pour évacuer l'installation et même, parfois, pour remorquer les plates-formes à l'abri. Par conséquent, même si plusieurs plates-formes ont été perdues, on n'a connu que peu de pertes de vies. L'évacuation rapide sert encore de moyen de défense contre des conditions environnementales extrêmes, et les plates-formes auto-élévatrices qui sont exploitées dans le golfe du Mexique aujourd'hui ne sont souvent construites que pour résister à des ouragans n'ayant qu'une période de récurrence de dix ans. De nouvelles installations en porte-à-faux ont été conçues pour résister à des tempêtes de 50 ou 100 ans étant donné que les plates-formes auto-élévatrices font souvent des travaux de reprise à partir de plates-formes fixes qui sont conçues pour résister à des ouragans d'une période de récurrence de 100 ans. Dans de telles conditions environnementales, l'effondrement de la plate-forme auto-élévatrice pourrait entraîner celui de la plate-forme fixe et de l'installation de forage.

Dans les parties du monde où le climat est plus rébarbatif, comme la mer du Nord, l'Alaska, l'Australie et la zone située au large de la côte est du Canada, les tempêtes sont généralement plus fréquentes et les alertes météorologiques ne laissent pas suffisamment de temps à l'équipage pour évacuer la plate-forme. Par conséquent, les plates-formes auto-élévatrices exploitées dans ces régions doivent être construites pour résister à des tempêtes de 50 ou 100 ans.

Le degré de risque que comporte l'exploitation d'une plate-forme auto-élévatrice à un endroit donné varie selon les conditions locales du vent, de la houle, du courant et du sol. Les entrepreneurs de forage et les exploitants désirent souvent forer à des degrés de risque différents, en fonction de divers facteurs tels que la connaissance préalable qu'ils ont de l'endroit, la durée prévue d'exploitation de

l'installation et les conséquences que pourrait entraîner le bris de la structure. Dans certaines régions, ce sont les autorités gouvernementales qui fixent le degré de risque.

■ *CERTIFICATION ET CLASSIFICATION* Les plates-formes auto-élévatrices sont normalement conçues et construites selon les règlements établis par une société de classification. La société de classification approuvera le plan en fonction des critères de résistance aux tempêtes fixés par le concepteur, surveillera les différentes étapes de la construction et procédera régulièrement à des inspections pendant toute la vie utile de l'unité pour veiller à ce qu'elle demeure à la hauteur de sa classe. En général, ce n'est pas à la société de classification qu'il revient de déterminer si les critères de conception conviennent aux différentes régions dans lesquelles l'unité pourra être exploitée, sauf si elle agit au nom de l'autorité gouvernementale qui est aussi chargée de délivrer un certificat, et, même dans ce cas, elle n'exercera ce contrôle que si l'autorité en question a établi certains critères ou détermine certaines périodes de récurrence des tempêtes.

Dans de nombreux cas, les souscripteurs d'assurance exigent un autre certificat d'approbation délivré par une compagnie d'inspection de garantie. L'inspecteur de garantie doit s'assurer que l'installation demeurera en place à l'endroit désigné et pourra être remorquée en toute sécurité d'un endroit à un autre, que la plate-forme possède ou non ses certificats. Pour garantir aux souscripteurs que la plate-forme est conforme aux exigences, il est nécessaire d'obtenir des données précises sur la météorologie et le fond marin des lieux du forage, de les examiner par rapport aux normes de conception et de s'assurer que, de façon générale, l'installation peut être exploitée sur les lieux du forage avec une marge de sécurité suffisante. On doit toujours se rappeler que la plate-forme auto-élévatrice doit d'abord être exploitée en position élevée, la plate-forme n'étant pas soumise aux effets de la houle. Lorsqu'elle flotte sur l'eau, les jambes s'élèvant haut dans les airs, l'installation possède une navigabilité suffisante pour être déplacée; toutefois, une plate-forme auto-élévatrice qui a été mise à l'eau dispose d'une navigabilité passablement limitée si elle n'a pas préalablement fait l'objet d'une préparation intensive. Dans la plupart des cas, les accidents se produisent au moment où la plate-forme va d'un emplacement à un autre ou est remorquée. Environ 70 pour cent de tous les accidents sont directement attribuables au milieu marin plutôt qu'aux opérations de forage. Pour cette raison et parce qu'il est fréquent que les équipages ne soient pas composés de marins, les souscripteurs d'assurance exigent souvent qu'un expert maritime soit présent pendant les opérations d'élévation, de remorquage, d'abaissement et de pré-chargement de l'installation.

■ *DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES* Les plates-formes auto-élévatrices sont conçues pour résister aux contraintes provoquées par les conditions environnementales les plus rudes qui puissent se manifester au cours d'une période donnée. Les météorologues et les océanographes font appel à plusieurs méthodes différentes pour prévoir les hauteurs de houle, la vitesse des vents et les courants provoqués par les tempêtes les plus fortes. Souvent, le manque de données historiques satisfaisantes réduit la fiabilité des calculs. Même pour des régions comme le golfe du Mexique, les experts divergent d'opinion au sujet des différentes profondeurs d'eau. Comme les forces sont approximativement proportionnelles au carré de la vitesse du vent, du courant et de l'amplitude de la houle, les différences sont très importantes. Une fois que les «données générales» ont été déterminées, il peut être nécessaire d'obtenir un «rapport précis de l'emplacement» qui soit détaillé et qui tienne compte des variations locales, surtout si l'installation est appelée à fonctionner à la limite de ses capacités de survie. Il importe que l'autorité responsable de la réglementation, à partir des meilleures données disponibles, élabore un ensemble de cartes montrant les profils des extrêmes pour la région en question.

L'emploi de plates-formes auto-élévatrices dans des régions exposées aux glaces de mer, aux icebergs et aux accumulations de glace exige des précautions particulières étant donné que les plates-formes qui ont été construites jusqu'à maintenant ne pourraient pas résister à la puissance de l'impact d'un iceberg. Il faut donc tenir compte des conditions météorologiques qui permettent d'abaisser les jambes d'une installation et de la déplacer à l'approche d'un iceberg. Il faut pouvoir disposer d'une période au cours de laquelle la hauteur moyenne des vagues ne dépasse pas 1,5 m, bien que dans certains cas, il soit possible d'effectuer des manoeuvres d'élévation et d'abaissement dans des vagues de plus de 3 m. Certaines régions côtières de l'est du Canada sont exposées à différentes conditions de givrage comme la pluie verglaçante, les embruns marins et les chutes de neige. L'accumulation de neige et de glace augmente le poids de la plate-forme, ce qui nuit au fonctionnement. La charge de glace accumulée a déjà contribué à la perte de l'hélisurface d'une plate-forme auto-élévatrice en cours de remorquage. La conception des systèmes critiques et des parties composantes en vue d'un fonctionnement fiable dans des régions climatiques froides revêt une importance capitale pour les installations appelées à être exploitées sur les côtes de l'est du Canada.

■ *DONNÉES SUR L'EMPLACEMENT* La prudence exige une connaissance approfondie des conditions du fond de la mer et du fond sous-marin avant la mise en place de toute installation sur semelle. L'exploitant devrait désigner clairement les gisements qu'il se propose de forer avant qu'on procède aux études de reconnaissance et ne devrait pas faire de changements de dernière minute sur les lieux de l'emplacement une fois que l'étude de reconnaissance est terminée. Certains accidents ont été causés par le fait que l'exploitant a décidé à la dernière minute de déplacer son installation à un endroit situé «tout près» de celui prévu à l'origine, sur lequel on ne possédait aucune donnée, et qui était tout à fait différent du premier. Il faut posséder du matériel de navigation de haute qualité pour être sûr que la plate-forme auto-élévatrice sera installée exactement à l'endroit ayant fait l'objet de l'étude de reconnaissance.

Il existe un certain nombre de méthodes pour faire des relevés géophysiques d'un emplacement éventuel. On doit faire un tracé bathymétrique à grillage serré portant habituellement sur un carré dont les côtés mesurent 1 km et dont le centre constitue l'emplacement prévu. En outre, ce tracé est complété par une étude en plongée effectuée sur une superficie dépassant d'au moins 30 m la limite du paramètre du socle afin de s'assurer qu'il n'y a pas d'épaves ou d'autres dangers sous-marins. Si la zone ne peut faire l'objet d'un relevé par des plongeurs, elle doit être draguée efficacement à l'aide d'un câble suspendu entre deux remorqueurs, ou elle doit être inspectée à l'aide d'un sonar à balayage latéral.

Pour vérifier la lithologie sous-jacente au fond marin de l'emplacement, une étude sismique à haute définition devrait être effectuée à une profondeur d'au moins 60 m, sur toute la superficie couverte par l'étude bathymétrique. Ces profils acoustiques à haute résolution peuvent avertir les exploitants de la présence d'hydrocarbures en eau peu profonde, ce qui représente une menace sérieuse à la sécurité pendant les opérations de forage. Ces données peuvent aussi fournir des renseignements utiles, même indirectement, sur les conditions des fondations en servant de base à l'extrapolation des données relatives à l'indice portant du sol, en déterminant des caractéristiques sédimentaires à trois dimensions sur une grande superficie qui ne peut être analysée par des sondages géotechniques classiques et en repérant les failles et les modifications lithologiques ayant trait aux croûtes et aux soufflures. Il serait bon de procéder à un carottage ou à un essai pressiométrique sur place, afin de bien connaître le type de sol et la résistance au cisaillement à différents niveaux du fond sous-marin. Ces résultats, mis en corrélation avec ceux de l'étude sismique en eau peu profonde, sont utiles pour mieux déterminer

les pénétrations prévues et pour prévoir les zones où il y a risque de défoncement.

■ *MÉTHODES D'ANALYSE* Les équations employées pour déterminer les contraintes statiques et dynamiques auxquelles sera exposée une plate-forme auto-élévatrice n'ont été vérifiées sur le plan expérimental que dans quelques cas simplifiés et pourraient donner des résultats différents si l'on menait l'expérience avec une structure complexe entretoisée qui serait soumise aux effets d'un train de vagues. Ces méthodes sont particulièrement incompatibles lorsque vient le temps de calculer la puissance maximale des vagues déferlantes. En outre, le calcul des coefficients de traînée des montants des plates-formes auto-élévatrices et la prévision de la force du vent sur les montants lorsque l'installation est sur l'eau soulèvent certains problèmes. Même si l'opinion des experts diverge encore sur ces questions et quant à l'évaluation de la sécurité d'une plate-forme, ou la sécurité d'une plate-forme par rapport à une autre, il est absolument nécessaire d'employer une méthode de calcul qui soit uniforme. Le fait de comparer des plates-formes de forage en se fondant sur les caractéristiques nominales affichées par le concepteur signifie peu de choses si les concepteurs ont employé des méthodes de calcul différentes.

Les niveaux réels de pénétration qui ont été prévus pour l'emplacement du forage peuvent aussi modifier les résultats. En général, les concepteurs de plates-formes à jambes indépendantes supposent que les jambes sont enfoncées à 3 m au-dessous du fond et que cette pénétration dans le fond de la mer n'augmentera pas la stabilité de l'unité. Aux endroits où la pénétration est importante, cette hypothèse peut sembler trop prudente, mais aux endroits où la pénétration est faible, il peut être dangereux de se fier à la stabilité que procure le fond de la mer, à moins qu'une étude détaillée de l'emplacement ne démontre que cette hypothèse est valable. D'autres problèmes peuvent surgir lorsque la capacité de tenue des vérins ne suffit pas à soutenir le poids de pré-chargement nécessaire pour assurer que les jambes de la plate-forme ne défonceront pas le fond de la mer au cours d'une tempête. Dans le cas de ces installations, il serait nécessaire d'examiner très attentivement les données pédologiques afin d'éviter une pénétration ultérieure.

Une des difficultés rencontrées fréquemment dans le classement d'une plate-forme qui n'affiche que les conditions d'opération en fonction de la profondeur d'eau maximale, sans précision sur les conditions d'exploitation en eau moins profonde, est que la plate-forme peut convenir moins bien pour l'exploitation en eau moins profonde. Certaines installations sont conçues avec un échantillonnage qui convient aux charges spécifiées au sommet des jambes et suffisamment solide aux extrémités des jambes pour supporter les contraintes du remorquage. Le centre comprend un échantillonnage plus faible qui est susceptible de nuire à la constance du rendement. Cela pourrait signifier que l'installation peut fonctionner en eau profonde mais non à un emplacement dans la même zone où l'eau est moins profonde.

■ *FACTEURS RELATIFS AU TRANSPORT* Le déplacement d'une plate-forme auto-élévatrice est une tâche importante qui exige une expérience acquise dans le milieu de la marine et des compétences que ne possèdent pas nécessairement les équipes du forage. Le transport en haute mer exige énormément d'étude, de planification, de travail et de coopération entre le propriétaire, l'expert maritime et l'entrepreneur en transport pour que l'opération se déroule bien. Pendant de nombreuses années, la seule méthode qu'on pouvait employer était le remorquage océanique en flottaison, par laquelle la plate-forme est remorquée par un ou plusieurs remorqueurs de haute mer, en flottant sur ses propres coques. Étant donné la forme courte et peu profilée des coques des plates-formes auto-élévatrices et leur navigabilité limitée, les remorquages en flottaison sont des opérations longues et difficiles. Les deux principales causes des accidents qui se produisent pendant les remorquages en flottaison sont l'erreur humaine et le mauvais temps. Le mau-

vais temps à lui seul constitue rarement une cause d'accidents graves pour les plates-formes auto-élévatrices; lorsqu'il est combiné à l'erreur humaine, il peut provoquer des avaries importantes.

En 1973, le premier remorquage à sec d'une plate-forme de forage auto-élévatrice s'est fait de l'Italie jusqu'à Dar es Salaam, en passant par le cap de Bonne-Espérance, sur une distance de 15 932 km. Au cours d'un remorquage à sec, toute la plate-forme est embarquée sur une barge de transport submersible adaptée et remorquée par un remorqueur de haute mer. Comme la configuration de la barge est plus adéquate, elle permet d'atteindre une vitesse plus élevée et d'assurer une meilleure navigabilité de l'ensemble. Une des plus récentes améliorations qui a été apportée au remorquage à sec des plates-formes est la mise au point de vaisseaux de transport submersibles spéciaux auto-propulsés, qui constituent un moyen de transport encore plus rapide et plus sûr.

Un déplacement sur champ est un déplacement d'un lieu de forage à un autre, à l'intérieur d'une même zone d'exploitation. Ce genre de transport doit être fait au cours d'une période de beau temps assuré; normalement, la plate-forme peut être déplacée sur un champ, les montants complètement relevés ou partiellement abaissés. Le parcours du remorquage doit être soigneusement planifié et il faut prévoir une profondeur d'eau suffisante aux endroits moins creux, surtout si la plate-forme doit être remorquée les montants partiellement abaissés.

Pour bien préparer le déplacement sur champ d'une plate-forme auto-élévatrice, il faut tenir compte de plusieurs facteurs. Les jambes, l'arrimage du matériel, les porte-à-faux, les sub-structures, les structures de forage, la charge en pontée, la tige de forage et le tubage, tous ces éléments doivent être en mesure de résister au roulis et au tangage de l'installation pendant le remorquage. Comme le manque d'étanchéité à l'eau a été un important facteur de causalité dans bon nombre d'accidents de plates-formes auto-élévatrices, la plate-forme doit être bien protégée contre toute pénétration d'eau dans les espaces vides, les espaces de préchargement et les autres compartiments. Étant donné que l'installation auto-élévatrice ne passe qu'une faible partie de sa vie utile en flottaison, il importe d'accorder une attention particulière à toutes les fermetures. Un des facteurs primordiaux à prendre en considération pour quelque déplacement que ce soit est le choix d'un équipage possédant une expérience appropriée dans le remorquage. Idéalement, le remorqueur devrait affecter un ou deux marins d'expérience à la plate-forme, de façon à ce qu'il y ait une bonne communication et à ce qu'on dispose de personnel expérimenté au cas où il serait nécessaire de rattacher le câble de remorquage.

Dans le golfe du Mexique, les risques que présentent les déplacements sur champ sont beaucoup moins élevés que dans les eaux canadiennes parce que l'entrepreneur en remorquage peut souvent appeler un remorqueur supplémentaire pour lui venir en aide ou envoyer rapidement par la voie des airs des câbles de remorquage de rechange ou d'autres pièces lorsque le problème se présente. Les conditions d'exploitation d'une plate-forme de forage en eaux canadiennes ressemblent davantage à celles qui ont cours dans la mer du Nord, où il n'est pas aussi facile d'obtenir de tels services à court délai.

■ *PRÉCAUTIONS CONTRE LES TEMPÊTES* Toutes les plates-formes auto-élévatrices sont conçues en fonction de certains critères de survie basés sur des facteurs tels que la vitesse maximale du vent, la hauteur des vagues et le courant. Parfois, la plate-forme n'est en mesure d'affronter une tempête qu'après divers préparatifs spéciaux. Pour éviter d'imposer une contrainte excessive aux jambes, il est presque toujours nécessaire que les centres de gravité longitudinal et transversal de la plate-forme, de la structure de forage et des charges variables soient situés près du centre géométrique des jambes. Cela permet à chacune des jambes de supporter une part égale du poids de la plate-forme et au facteur de sécurité anti-cha-

virement d'être optimal pour toutes les directions. Dans certains cas de charge extrême, il peut être nécessaire d'ajouter de l'eau de ballast à la plate-forme pour accroître le degré de sécurité. Pour certains types de plates-formes, le guide de fonctionnement peut exiger que le porte-à-faux soit escamoté à l'annonce d'une forte tempête. Il faut prendre en considération l'importance du travail nécessaire à l'escamotage du porte-à-faux et les conséquences que le manoeuvre peut avoir sur l'opération de forage et le contrôle du puits. Dans d'autres cas, il faudra limiter les charges variables à bord de la plate-forme de façon à ne pas exercer de contrainte excessive sur les jambes au cours d'une tempête; cela signifie qu'il pourrait être nécessaire d'évacuer les produits liquides consomptibles tels que l'eau et la boue de forage chaque fois que l'installation est préparée pour des conditions de survie.

Dans les régions où les tempêtes sont fréquentes, il est souvent très difficile d'effectuer ces préparatifs dans un délai raisonnable, surtout quand la force de la tempête ne peut être connue en détail que quelques heures avant qu'elle atteigne la plate-forme. Il serait peut-être sage de ne pas permettre aux plates-formes de forer à ces endroits, à moins qu'elles ne soient conçues pour affronter les tempêtes sans avoir à escamoter leur porte-à-faux.

■ *ACCIDENTS* Parmi tous les genres d'installations mobiles de forage offshore (mobile offshore drilling unit – MODU), les plates-formes auto-élévatrices sont les plus exposées aux pertes et aux avaries; elles représentent environ 68 pour cent de tous les accidents. Un grand nombre des accidents qui se sont produits au cours de l'élévation ou de l'abaissement d'une plate-forme, ou de son remorquage d'un endroit à un autre, ont eu lieu par beau temps. De fait, on remarque que davantage d'accidents se sont produits par beau temps que par mauvais temps. La majorité des accidents dus aux manoeuvres d'élévation ou d'abaissement ont été provoqués par le défoncement, qui se manifeste par la pénétration rapide et inégale d'une jambe au cours de l'élévation initiale d'une plate-forme et de son pré-chargement. On ne compte pas moins de 10 incidents graves attribuables au phénomène de défoncement entre 1980 et 1984; il est très probable que ce nombre ne reflète pas la réalité, car bien des incidents ne sont pas signalés. Le défoncement est habituellement causé par des couches de sols irrégulières ou par des reliefs inhabituels du sol. Une inspection complète et soignée des lieux peut réduire sensiblement les risques de défoncement.

■ *CONCLUSIONS* Les plates-formes auto-élévatrices sont des outils extrêmement utiles à l'exploration des ressources offshore de l'est du Canada. Contrairement aux installations flottantes, la structure dépend beaucoup, sur le plan de l'intégrité, de l'endroit précis où elle est mise en exploitation. Il est indispensable de procéder à une évaluation précise du milieu océanographique. Les modèles dont la conception est en cours actuellement visent à satisfaire aux conditions extrêmes des eaux canadiennes. Pour assurer la sécurité des opérations, il est essentiel que des organismes indépendants évaluent la sûreté des installations en fonction d'emplacements et de milieux précis. C'est au constructeur et au concepteur qu'il revient de produire des installations adaptées aux difficultés des opérations et du remorquage, mais c'est au propriétaire d'exploiter l'installation sans dépasser les limites imposées par sa conception. L'ingénieur de barge et les autres membres du personnel responsable doivent connaître à fond les limites prescrites et implicites. Ils doivent faire preuve d'une bonne compréhension des manoeuvres et d'une bonne connaissance de la mer afin de prévenir les accidents. La meilleure garantie de sécurité, pour toute plate-forme, est une gestion compétente et éclairée de l'installation de forage.

Résumé du séminaire sur les essais sur modèles

La Commission Royale a entrepris une série d'essais sur modèles de la semi-submersible *Ocean Ranger* au cours de la première partie de son mandat. Ces essais, qui ont été effectués dans des laboratoires d'hydraulique du Canada et de la Norvège, se sont avérés valables pour déterminer la réaction de l'installation de forage face aux forces environnementales et aux charges opérationnelles en présence la nuit du désastre. Le 14 décembre 1983, la Commission royale a tenu un séminaire d'une journée afin d'étudier la valeur que pourrait avoir les essais de modèles hydrauliques et aérodynamiques pour évaluer la sécurité des MODU. Les participants, qui ont été choisis de façon à fournir différents points de vue sur le sujet, comprenaient des théoriciens, des praticiens et des techniciens d'essais sur modèles.

Les participants ont abordé de deux façons différentes le sujet des essais sur modèles des installations de forage en mer. Pour les concepteurs, les essais sur modèles constituent un outil, combiné à des méthodes de calcul et autres, qui sert à évaluer certains genres d'installations; le coût et la précision du modelage numérique se sont considérablement améliorés au cours des dernières années avec les progrès de la technologie informatique, ce qui a rendu l'utilisation étendue des essais sur modèles hydrodynamiques et aérodynamiques relativement coûteuse. Quant aux théoriciens et aux modélistes, les mêmes progrès dans le traitement des données leur ont permis d'analyser plus en détail les résultats des essais et de simuler avec plus de précision les effets du vent et de la houle et l'évaluation des données en temps réel. Bref, la technique des essais sur modèles a été améliorée par la même technologie qui, auparavant, avait menacé de restreindre son utilisation.

Il a été fait mention, à plusieurs reprises, des nombreux écarts qui ont été relevés entre les résultats obtenus à partir de techniques numériques et physiques, qu'il s'agisse des calculs de prévision des espaces d'air dans les semi-submersibles ou de la difficulté de déterminer les forces de vent auxquelles sont soumises les installations flottantes en mer. D'autres problèmes se sont posés lorsqu'on a fait des comparaisons avec les mesures réelles de l'installation et, de façon générale, on a reconnu qu'il y a très peu d'informations concernant ces mesures réelles qui sont retournées au modéliste ou au concepteur. Un des participants a fait remarquer que la nature répétitive du processus de conception exige qu'on aborde le phénomène dans son ensemble, soit la partie théorique, la mise au point de modèles expérimentaux, la simulation numérique et les dimensions réelles de l'installation. C'est en comparant les points faibles et les avantages relatifs de chacune des méthodes que le concepteur peut tirer profit des résultats.

Un des points les plus importants de la discussion a été l'application des essais sur modèles à l'établissement des critères réglementaires de conception, surtout en ce qui a trait à la stabilité. Le fait que les critères actuels sont basés sur des méthodes empiriques et non sur un fondement théorique rationnel a semblé moins important pour les concepteurs que pour les véritables réalisateurs des essais. On a laissé entendre que les critères théoriques de stabilité des semi-submersibles, bien qu'ils soient entièrement satisfaisants, ne seraient probablement pas disponibles dans un avenir prévisible, et que tout devrait être mis en oeuvre pour en arriver à une meilleure compréhension des principes de dynamiques en cause. Cette partie du débat a mis en relief les efforts importants qui sont consacrés aux programmes de mise au point de modèles physiques, comme le fait de traiter de facteurs dynamiques dans des situations où l'on ne dispose que de méthodes numériques statiques ou quasi-statiques. C'est dans l'étude des mouve-

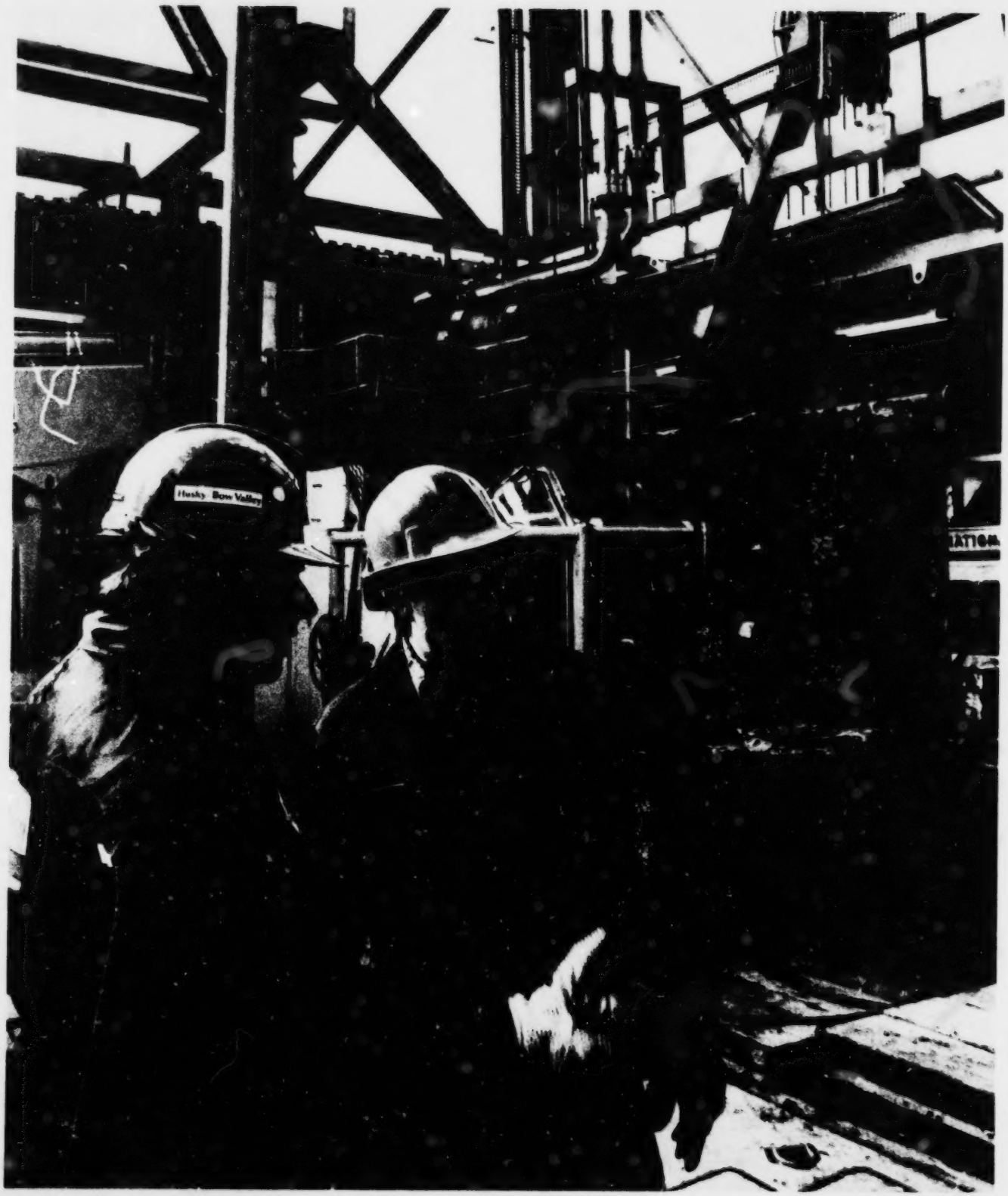
ments des installations, des forces d'amarrage et de la résistance au remorquage que les essais sur modèles effectués pour la conception des MODU trouvent leur meilleur champ d'application.

Les essais sur modèles de l'*Ocean Ranger* ont constitué un défi pour la fine pointe de la technologie et ont favorisé le raffinement des techniques les plus récentes. Par exemple, la simulation de charges dues au vent, en tenant compte des rafales, a été basée sur une série d'essais aérodynamiques menés par le Conseil national de recherches (CNR) à Ottawa. Le laboratoire d'hydraulique du CNR a conçu le modèle des forces résultantes dues au vent en se servant de filaments élastiques tressés et rattachés au modèle de façon à exercer différentes charges en fonction de la position de l'installation à des moments précis, de l'espace d'air qu'elle contient et de la vitesse moyenne du vent et des rafales. Le *Norwegian Hydrodynamics Laboratories* (NHL) de Trondheim a employé des ventilateurs commandés par ordinateur pour procéder à la simulation. Les représentants des deux laboratoires ont acquis une expérience importante par la mise en application de ces techniques et, même si aucun des deux groupes n'était prêt à recommander l'emploi d'une méthode plutôt qu'une autre, les données qui en sont ressorties constituent une base en vue d'une analyse. Le programme d'essais a aussi mis en relief les points faibles de certaines techniques et méthodes de mesure. Ceux qui ont participé au programme d'essais mis en oeuvre pour la Commission royale ont fait remarquer que les essais et l'ensemble des données qui vont être soumis à l'attention du public dès que la rédaction de la première partie du rapport sera terminée, serviront de base à partir de laquelle d'autres analyses devraient être entreprises.

Il est apparu évident, d'après les commentaires de tous les participants, que les essais sur modèles continueront à être une méthode de vérification intégrale dans la conception des MODU, et que l'échange d'information amorcé par les parties en cause sera d'une grande importance.

4

GESTION DE LA SÉCURITÉ


Husky Bow Valley

GESTION DE LA SÉCURITÉ

GESTION DE LA SÉCURITÉ DE L'INDUSTRIE

Évaluation des programmes de gestion de la sécurité pour le forage en mer dans l'est du Canada
Manadrill Drilling Management Inc.,
Calgary, Alberta,
juin 1984

Ces dernières années, la sécurité des opérations de forage offshore dans les eaux du Canada s'est accrue notablement. L'industrie et le gouvernement ont uni leurs efforts pour développer plusieurs secteurs névralgiques du domaine du forage en mer et des idées nouvelles ont été mises en application; de même, des équipements et des programmes de formation nouveaux ont fait leur apparition. Le changement le plus important a été le fait que les employés, le personnel de maîtrise et les cadres supérieurs sont devenus plus sensibles à la question de la sécurité.

Depuis sa création, l'Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada (APGTC) s'est développée d'une façon appréciable. L'industrie reconnaît aujourd'hui que cette organisme peut être un très bon instrument de contrôle, et elle collabore avec ses bureaux régionaux et avec son administration centrale. L'industrie, en outre, observe à la satisfaction des organismes gouvernementaux, les règlements, lignes directrices et exigences décrétés entre 1982 et 1985. La situation a beaucoup progressé aussi du côté des exploitants qui se sont dotés d'un outil efficace: la Division des exploitants offshore de l'Association pétrolière du Canada née de la fusion de l'Association pétrolière du Canada (APC) et de l'*East Coast Petroleum Operators Association*; ce groupe, qui est axé sur les opérations de forage, jouit de l'appui des cadres de l'industrie et du respect des organismes gouvernementaux. On a aussi assisté, au cours des dernières années, à une atténuation indéniable des tensions liées à certaines questions controversées (comme celles de l'engagement de travailleurs locaux et de l'achat sur place de biens et de services) qui avaient entaché les relations de travail entre le gouvernement et l'industrie.

Les questions sur lesquelles il faut encore se pencher et qui préoccupent avec plus ou moins d'acuité les personnes et les groupes intéressés concernent généralement les activités maritimes proprement dites, les activités autres que les opérations de forage. On se préoccupe aussi bien de questions générales (par exemple, la gestion du forage pétrolier sur le plateau continental du Canada, à l'extérieur de la zone de 12 milles) que de questions très précises ayant trait aux méthodes et aux règles de base de l'industrie du forage en mer. Les préoccupations de l'industrie et du gouvernement sont souvent les mêmes.

L'une des préoccupations majeures de l'industrie et des organismes gouvernementaux est l'absence d'une politique cohérente concernant la gestion des travaux exécutés dans les eaux du plateau continental du Canada. Tant qu'on n'aura pas réglé cette importante question d'ordre juridique, la confusion demeurera grande, il y aura un doublement des efforts, les règlements ne seront pas interpré-

tés de façon uniforme et on devra craindre qu'une omission ne cause un accident grave. Pour avoir un système de sécurité efficace, il est essentiel que les relations de travail entre les entrepreneurs de forage, les propriétaires et les constructeurs des installations de forage, la Garde côtière canadienne (GCC) et l'APGTC soient très étroites, ce qu'elles ne sauraient devenir sans qu'on produise une définition élémentaire des responsabilités et des fonctions de la GCC, qui sont directement liées à la gestion de l'ensemble des eaux du pays.

■ *ÉQUIPEMENTS ET SERVICES* Les principes et la technologie liés aux moyens et aux méthodes de sauvetage ne sont pas aussi avancés que ceux qui concernent le forage et le contrôle des puits. Les moyens et méthodes d'évacuation des installations mobiles de forage en mer menacées par des conditions climatiques difficiles ne sont pas satisfaisants. De grands efforts sont déployés pour améliorer la situation; leurs seuls auteurs ne sont toutefois que les fabricants d'équipements maritimes classiques. L'industrie et le gouvernement devraient jouer un plus grand rôle dans la conception de moyens et de méthodes destinés à la satisfaction des besoins des organisations de forage en mer.

L'un des équipements de sauvetage qu'il faut modifier est le vêtement de survie ou d'immersion qui se trouve à bord des hélicoptères. Cette tenue est moins encombrante que celle qu'on utilise généralement dans les installations de forage en mer parce qu'on la porte journellement et parce qu'il ne faut pas que son port retarde l'évacuation d'un aéronef en détresse. Le vêtement de survie d'hélicoptère n'offre toutefois pas la même protection thermique que les combinaisons de survie ordinaires; c'est un désavantage, d'autant plus que les accidents d'hélicoptères sont beaucoup plus fréquents que les abandons d'installation de forage.

Les risques de collision entre les navires de service et les MODU devraient diminuer grâce à l'amélioration du système d'amarrage et du système de contrôle de la propulsion des navires de service. On fait ressortir l'importance d'utiliser des navires de service conçus et construits comme des navires de soutien des MODU plutôt que des navires modifiés destinés à l'origine à des activités de plongée ou de construction. On s'est aussi montré préoccupé par la question des qualités exigées des personnes occupant un poste de commandement supérieur à bord des navires circulant dans les eaux canadiennes. Avant de pouvoir manoeuvrer des navires perfectionnés et spécialisés qui sont appelés à se déplacer le long de MODU, les travailleurs provenant de la marine marchande ou de l'industrie de la pêche devraient recevoir une formation particulière et acquérir sur le tas une expérience assez grande.

Certains entrepreneurs ont exprimé des craintes au sujet de l'utilisation de navires de service comme navires de soutien. Dans la majorité des opérations exécutées sur la côte est, les navires de service jouent aussi ce rôle. Les entrepreneurs sont d'avis que les navires de service peuvent ne pas être toujours en mesure de servir de navire de soutien, en particulier, lorsqu'ils se trouvent le long d'une installation de forage pour le déchargement. S'il survenait une urgence à ce moment, le navire de service pourrait être dans l'impossibilité d'accomplir sur-le-champ sa mission de navire de soutien.

On se préoccupe aussi de l'efficacité des équipements et des techniques de récupération des navires de service jouant le rôle de navire de soutien. L'industrie utilise les équipements les plus avancés; elle craint cependant, comme les organismes gouvernementaux, que la formation du personnel des navires de service ne suive pas l'évolution des équipements. On devrait fixer des normes de formation et fournir les installations permettant de rendre le personnel apte à bien utiliser les équipements. L'industrie devrait aussi étudier la question de l'établissement de règles destinées à guider les équipages des navires de service au cours des exercices de sauvetage.

■ *MESURE DE SÉCURITÉ* Il existe un désaccord entre l'industrie et le gouverne-

ment au sujet de la façon de tenir les exercices de sauvetage dans les installations de forage. Les uns voudraient que les entrepreneurs soient obligés de tenir des exercices de sauvetage inopinés parce que les travailleurs agiraient comme si tout allait pour le mieux dans le meilleur des mondes et qu'il n'y avait rien à craindre au cours des exercices annoncés d'avance. Les autres, dont tous les entrepreneurs de forage et la plupart des exploitants, croient que le fait que les exercices soient tenus inopinément ne change rien à l'état d'esprit de ceux qui y participent, qui peuvent même être exposés inutilement à des dangers. Il est essentiel que l'accord se réalise, dans l'industrie, sur cet aspect capital de la prévention des accidents avant que les exploitants ou le gouvernement adoptent ou imposent des méthodes inacceptables.

L'idée d'évacuer les MODU avant des intempéries imminentes devra être examinée sérieusement par l'industrie et le gouvernement. C'est à la suite de pressions du monde politique et de la population que l'industrie a adopté les politiques et méthodes en vigueur aujourd'hui. Ces méthodes varient et l'idée d'évacuation préventive n'est pas acceptée par tous les entrepreneurs et exploitants.

■ *FORMATION ET PERFECTIONNEMENT* Il est une autre question qui intéresse l'industrie et le gouvernement: c'est celle de la hiérarchie de commandement dans les MODU. À la fin de 1983, l'APGTC a publié des lignes directrices stipulant qu'on doit trouver à bord des installations flottantes de forage un responsable de la sécurité possédant les connaissances maritimes requises et détenant un brevet de capitaine. Même si l'industrie s'est conformée à cette exigence, la question demeure très controversée.

Beaucoup d'entrepreneurs et certains membres du personnel des exploitants comprennent difficilement comment l'insertion forcée d'un capitaine dans la hiérarchie d'une organisation qui est basée dans le golfe du Mexique ou qui est avant tout une entreprise de forage, améliorera la sécurité. En fait, des mesures semblables pourraient créer assez de confusion et de malentendus pour mettre en danger toute installation. Il faudra qu'on se penche sérieusement sur cette question et qu'on trouve une solution rationnelle le plus vite possible.

Aux yeux des exploitants, des entrepreneurs et du gouvernement, la formation et le perfectionnement du personnel offshore revêtent une importance particulière. L'aspect le plus controversé de cette question est la pression qu'exerce le gouvernement sur l'industrie pour qu'elle emploie des travailleurs locaux. Ce sont les exploitants qui subissent cette pression pendant la négociation des accords d'exploitation. Ils portent ensuite la pression sur les entrepreneurs, qui, de fait, emploient la majorité des travailleurs offshore. On admet généralement que l'industrie et le gouvernement ont accompli des progrès considérables en choisissant les meilleurs équipements, moyens et méthodes pour l'exploitation offshore. Ceux-ci ne peuvent toutefois être supérieurs aux personnes qui les utilisent. Si les travailleurs manquent de compétence, s'ils ne sont pas familiers avec les méthodes et politiques de leur employeur, s'ils ne visent pas à atteindre les objectifs de rendement fixés et s'ils sont incapables de travailler en équipe suffisamment bien, il ne servira pas à grand-chose de les munir des meilleurs outils. L'immixion des centres de main-d'oeuvre – dont les objectifs sont, au mieux, à courte vue ou, en mettant les choses au pire, trop influencés par la politique – dans les méthodes éprouvées, logiques et acceptables, de formation de l'industrie, peut créer des situations dangereuses, voire catastrophiques.

Il faut que les centres de main-d'oeuvre et de placement gouvernementaux aient une connaissance approfondie des principales questions qui se posent dans le domaine de l'utilisation de travailleurs par l'industrie du forage pour pouvoir être en mesure de concevoir des lignes directrices et des règlements réalistes. Il leur faut notamment savoir que c'est pendant la phase de production en territoire offshore, et non pendant la phase d'exploration, que la main-d'oeuvre est la plus nom-

breuse, que les entrepreneurs de forage – comme ils l'ont prouvé au cours de la dernière décennie – engagent des travailleurs locaux selon les règles simples de l'offre et de la demande et en se pliant aux réalités économiques de base, sans qu'il soit nécessaire de les soumettre à des pressions du monde politique.

L'élaboration d'une méthode de formation aux mesures d'urgence en mer adaptée à l'industrie canadienne et à l'environnement dans lequel celle-ci travaille a été une expérience particulièrement éprouvante pour toutes les parties. Le gouvernement et l'industrie profiteraient tous les deux de l'existence d'un programme universel qui préparerait les travailleurs offshore à remplir leurs fonctions en leur faisant connaitre les équipements utilisés et le milieu de travail, et en les familiarisant avec les mesures d'urgence. Après quelques faux départs, les organismes gouvernementaux ont fini par conclure une entente avec l'industrie; cette entente devrait aboutir à l'établissement d'un programme adapté à l'environnement canadien et aux équipements, moyens et méthodes utilisés par l'industrie du forage en mer.

■ *EFFICACITÉ GLOBALE* La source d'un bon nombre des préoccupations susmentionnées se trouve dans le système de contrôle global et dans l'isolement dans lequel le système tient les entrepreneurs de forage. C'est généralement dans le secteur des équipements maritimes et de son fonctionnement et dans celui de l'embauchage et du perfectionnement que se situent les faiblesses du système, ainsi qu'au niveau des programmes de sécurité relatifs à ces deux secteurs. Ces problèmes relèvent des entrepreneurs qui possèdent et utilisent les équipements maritimes et qui emploient et forment les travailleurs. Les deux secteurs sont hautement spécialisés et sont, dans une grande mesure, propres à l'industrie du forage en mer en général et aux entrepreneurs de forage en particulier.

Le problème auquel sont confrontés l'industrie et le gouvernement est le suivant: les entrepreneurs de forage sont officiellement isolés des organismes de contrôle qui sont responsables des questions relatives aux activités maritimes et à la main-d'oeuvre. La hiérarchie du contrôle réglementaire veut que deux éléments majeurs: l'APGTC et l'exploitant (le client de l'entrepreneur) se trouvent placés entre l'entrepreneur de forage et la GCC en ce qui concerne les questions maritimes et Emploi et Immigration Canada pour ce qui est des questions de main-d'oeuvre et de formation. Ni l'APGTC ni l'exploitant n'ont la compétence voulue pour s'occuper de ces questions très spécialisées; mais à cause de l'approche adoptée, ils doivent prendre des décisions et mettre au point des mécanismes de contrôle sans la participation formelle et effective des entrepreneurs.

On peut régler ces problèmes sans modifier la structure de base du système de contrôle. La première mesure à prendre est d'établir une liaison directe entre l'entrepreneur de forage et les organismes spécialisés dans les questions maritimes et les questions relatives à l'emploi. La création d'un système qui définirait clairement les rôles et les responsabilités de ces organismes secondaires éliminerait une grande partie de la confusion qui existe dans l'industrie et dans beaucoup d'organismes. Une telle mesure nous donnerait les moyens de contrôle et le lien de communication nécessaire pour relier directement entre eux les principaux acteurs du système de contrôle tout en laissant subsister le contact fondamental entre l'APGTC et l'exploitant.

L'industrie et le gouvernement devraient aussi étudier la possibilité de faire des échanges d'employés; ces derniers pourraient, pendant un an ou deux, acquérir une connaissance solide de l'autre côté du système de contrôle. Ces échanges pourraient faire partie intégrante du programme de perfectionnement des employés du gouvernement et de l'industrie.

HIÉRARCHIE DE COMMANDEMENT

Évaluation de la hiérarchie du commandement s'appliquant en temps normal et en cas d'urgence aux opérations de forage en mer dans l'est du Canada
Currie, Coopers & Lybrand,
Calgary, Alberta/Halifax, Nouvelle-Ecosse
juillet 1984

La hiérarchie de commandement varie selon les exigences posées ainsi que selon la nature et le mode d'exploitation des installations de forage. Sur les plates-formes auto-élévatrices, un chef supérieur de chantier de forage (ou un chef d'installation de forage) commande pendant les opérations de forage, pendant que le chef de barge est responsable devant le chef de chantier de forage de la protection des personnes et des biens, des opérations de logistique et de l'utilisation des embarcations de sauvetage. Le commandement des plates-formes auto-élévatrices est formellement cédé par écrit à un transporteur agréé de plates-formes au moment du déplacement ou du remorquage de la plate-forme. Tous les navires de forage, qu'ils soient ancrés ou en ancrage dynamique, doivent avoir un capitaine à bord, qui assume le commandement intégral; à bord des navires de forage ancrés, toutefois, le commandement peut être exercé, pendant les opérations de forage, par l'employé de forage supérieur.

À bord des semi-submersibles, il doit y avoir un capitaine de marine, sauf aux États-Unis d'Amérique où le rôle du capitaine de navire peut être joué par une personne détenant un brevet restreint de capitaine (stabilisation par colonnes). La hiérarchie de commandement n'est pas toujours claire, cependant, étant donné qu'elle varie selon que des opérations de forage sont en cours ou que l'installation est en déplacement, et aussi, selon les exigences auxquelles l'installation est soumise. Comme les capitaines des plates-formes auto-élévatrices, qui n'exercent pas le commandement en tout temps, les capitaines des semi-submersibles n'ont, dans la plupart des cas, le commandement intégral de l'unité que pendant son déplacement ou en cas d'urgence. Pendant des opérations de forage, c'est habituellement l'employé de forage supérieur qui y exerce le commandement. Ce n'est pas le cas en Norvège où le capitaine de marine, qui a aussi de la compétence en matière de forage, commande seul son semi-submersible en tout temps.

■ *LES QUALIFICATIONS DU COMMANDEMENT* Bien qu'on ait amélioré grandement la situation en reconnaissant l'importance de la hiérarchie de commandement dans l'industrie du forage en mer, il y a encore des points qui demeurent confus et qui nécessitent des changements. Le commandement partagé ou divisé pourrait être une source de confusion et diminuer l'efficacité en cas d'urgence. Il semble que, au Canada, c'est un commandement puissant et unifié, exercé par des personnes possédant la compétence et l'expérience nécessaires dans le domaine de la marine et de la gestion, qui conviendrait le mieux; mais il y a très peu de personnes compétentes qui sont disponibles pour assumer un poste de commandement de ce genre. On pourrait changer cette situation en faisant du forage en mer, l'une

des spécialités au programme de formation des gens de mer canadiens, et en permettant à ces derniers d'acquérir des connaissances théoriques et pratiques sur les navires de forage et les installations de forage semi-submersibles. L'industrie a déjà entamé des discussions avec la GCC pour voir si on pourrait donner l'occasion au personnel de forage de se familiariser avec les opérations maritimes à bord des navires de la GCC, et aux capitaines de la GCC de se familiariser avec les opérations de forage à bord des installations de forage. Les échanges de ce genre permettraient d'accroître la compétence des travailleurs de l'industrie; ils permettraient aussi à la GCC d'augmenter sensiblement sa connaissance du fonctionnement et de la conception des installations de forage.

En même temps qu'on s'intéresse à la question des qualifications nécessaires à l'exercice du commandement à bord d'une MODU, on devrait établir des normes et un processus de titularisation applicables à toute l'industrie. Il faudrait aussi prévoir des programmes de formation et de titularisation pour d'autres postes clés (personnel de forage supérieur, seconds, capitaines, opérateurs de commandes des ballasts, capitaines d'embarcation de sauvetage).

Jusqu'à ce qu'on parvienne à un accord sur les qualités et les normes relatives au poste de commandant des semi-submersibles et des navires de forage, qu'on ait mis au point des programmes de titularisation et qu'on ait fait en sorte que le nombre de commandants compétents réponde aux besoins, on continuera d'utiliser une structure hiérarchique incomplètement unifiée. Entre-temps, on doit indiquer clairement, dans les documents relatifs à la hiérarchie de commandement, les tâches que les personnes sont appelées à se déléguer dans la chaîne de commandement, ainsi que des limites de pouvoir qui s'appliquent dans chaque cas.

■ *LES CAS D'URGENCE* Il est aussi important que la hiérarchie de commandement utilisée en temps normal puisse soutenir celle qui servira en cas d'urgence. Même si le capitaine a délégué des responsabilités importantes à l'ingénieur en chef de forage pendant l'exécution d'opérations de forage, il doit demeurer actif et coordonner le programme général de sécurité, surveiller l'exécution des tâches de soutien telles que l'entretien, et tenir des exercices d'alerte. De cette façon, le capitaine sera perçu comme le «commandant de sécurité» et l'autorité suprême pour ce qui concerne les questions maritimes et la sécurité générale de l'installation. Dans les plans d'opérations d'urgence, il devrait être indiqué clairement quelles sont les situations d'alerte qui exigent que le capitaine exerce seul le commandement. L'industrie devrait établir, pour les différentes hiérarchies de commandement, des lignes directrices concernant l'élaboration d'organigrammes clairs. Le fait d'utiliser, dans les documents, les mêmes règles et méthodes pour illustrer les voies hiérarchiques, les rapports fonctionnels et les rapports des personnes ou groupes exerçant des attributions consultatives, dans l'industrie du forage, contribuerait à rendre uniforme la compréhension du programme d'opérations d'urgence et des textes portant sur la hiérarchie de commandement.

On devrait poursuivre les travaux permettant de déterminer les situations qui déclenchent une phase d'alerte, et les tâches qui doivent être accomplies à chaque étape par les différents éléments de la hiérarchie de commandement. Dans les plans d'opérations d'urgence de l'industrie, les phases d'alerte ne sont pas assez bien définies pour ce qui concerne le personnel à terre, et on n'indique pas clairement quelles sont les conditions climatiques qui doivent provoquer le déclenchement d'une alerte dans une installation. On ne dit pas non plus quand les services de recherche et de sauvetage du gouvernement doivent intervenir directement. Face à un cas d'urgence, c'est sur les lieux mêmes du danger que les prises de décision de l'industrie sont le plus efficace. On devrait l'énoncer clairement dans les plans d'opérations d'urgence des entreprises, lesquels à l'heure actuelle laissent entendre que c'est le personnel de gestion à terre qui doit prendre les déci-

sions capitales. Même si l'industrie s'est dotée d'un système formel d'«aide mutuelle» qui augmente grandement l'efficacité de toute opération de sauvetage, on doit s'assurer que les services maritimes et aériens de recherche et de sauvetage du Canada connaissent les plans d'opérations d'urgence de l'industrie et qu'on tienne régulièrement, dans les installations de forage, des exercices d'alerte efficaces.

Selon des membres de l'industrie, les exercices d'alerte, dans la plupart des installations de forage, permettent aux employés d'apprendre à accomplir leurs tâches normales en situation d'urgence. Il faut toutefois tenir ces exercices périodiquement pour que les employés appelés à remplacer un supérieur blessé ou non disponible pour une autre raison pendant une situation dangereuse, sachent comment accomplir les tâches de ce dernier. Cette exigence est très importante étant donné qu'il a été démontré que la formation et l'expérience des employés susceptibles de remplacer un supérieur sont beaucoup moins imposantes que celles de leurs supérieurs.

Des exercices réunissant Recherche et Sauvetage, la GCC et d'autres organismes gouvernementaux de réglementation ont été tenus. Il est particulièrement important de mettre à essai les procédures et les systèmes de communication utilisés pendant de tels exercices étant donné qu'il faudra que soient fournis aux différentes unités indépendantes, pendant des opérations d'urgence, des services de soutien logistique rigoureux. À ce sujet, il pourrait être utile de tenir à intervalles réguliers des exercices à tous les niveaux de commandement, et de demander que Recherche et Sauvetage, le Centre de coordination de sauvetage et la GCC participent, au moins une fois par année, à un exercice d'alerte dans chaque installation de forage. On devrait aussi tenir, à intervalles déterminés, des exercices destinés à vérifier l'efficacité du plan conjoint d'intervention des exploitants en cas d'alerte. Ces exercices serviraient à tester les systèmes de communication reliant les exploitants et à s'assurer que les hélicoptères, les autres navires de service des exploitants et les autres éléments du système (île de Sable jouant le rôle de base de secours, etc.), sont prêts à intervenir efficacement en cas d'urgence.

COMMUNICATIONS

Évaluation des moyens de communication par rapport aux installations de forage d'exploration en mer de l'est du Canada
NORDCO Limited,
Saint-Jean, Terre-Neuve,
juillet 1984

Les installations de forage établissent de longues et fréquentes communications avec leur base terrestre; pour ce faire, elles utilisent les communications radiotéléphoniques, le télex, le téléimprimeur, le télécopieur ou appareil de fac-similé et la transmission de données. Les installations et leur base terrestre doivent aussi pouvoir établir des communications radiotéléphoniques avec les hélicoptères de transport et les navires de service. Les stations des navires, installations terrestres et hélicoptères doivent se conformer à un ensemble assez complet et détaillé de lois et de règlements découlant de conventions internationales, canadiennes ou étrangères. Mentionnons le Règlement des radiocommunications, la Loi sur la radio (ministère des Communications du Canada), les règlements découlant de la Convention internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer (safety of life at sea – SOLAS), la Loi sur la marine marchande du Canada (LMMC) et les règlements y afférents, la Loi sur l'aéronautique (Canada) et les articles pertinents des règlements concernant le forage des puits de pétrole et de gaz naturel au Canada.

■ *LES CRITÈRES DE RÉGLEMENTATION* Un litige subsiste sur le point suivant: les systèmes de communication des installations de forage doivent-ils se conformer aux règlements visant les navires à passagers ou ceux qui visent les cargos? La GCC est en train d'établir des critères en vue de régler ce problème et de déterminer si les règlements canadiens s'appliquent aux navires et aux MODU qui se trouvent à plus de 12 milles des côtes canadiennes, mais à l'intérieur de la zone de 200 milles.

Les navires qui naviguent sous le pavillon d'un pays signataire de la SOLAS doivent observer les règlements découlant de ladite convention. Avant d'inspecter les navires et les MODU utilisés dans la haute mer canadienne et d'émettre à leur égard, en vertu de la LMMC, un certificat de radio, il faut recevoir une demande en ce sens du pays d'immatriculation du navire ou de l'installation. Les navires dont le pays d'immatriculation n'a pas signé la SOLAS doivent être inspectés conformément à cette convention et à la LMMC pour le dédouanement; on ne leur délivre toutefois pas un certificat de radio. La LMMC s'applique à tous les navires circulant dans les eaux du Canada; les règlements découlant de cette loi sont plus rigoureux que ceux qui découlent de la SOLAS. Les équipements dont doivent être munis les navires en vertu de la LMMC varient selon la zone de fréquences dans laquelle les navires se trouvent.

■ *DESCRIPTION DES SYSTÈMES ACTUELS* Les communications des hélicoptères sont soumises à la Loi sur l'aéronautique qui stipule qu'une communication bilatérale en phonie doit être maintenue pendant le vol entre les hélicoptères et leur cen-

tre de direction. Les hélicoptères doivent en outre être munis d'une radiobalise de détresse et utiliser, quand ils doivent observer les règles de vol aux instruments (instrument flight rules – IFR), un radiogoniomètre. La loi est muette au sujet des spécifications des équipements.

La majorité des installations de forage utilisées dans l'est du Canada en 1984 étaient équipées de terminaux de communication par satellite (la plupart des installations étaient reliées à l'INMARSAT), ce qui leur offrait des services de téléphonie, de communication télex, de transmission de fac-similés et de communication de données. On se sert des services de télécommunication par satellite même si aucun règlement ne l'ordonne. Les terminaux, et les satellites géostationnaires auxquels ils sont reliés, constituent un moyen de liaison très sûr avec les bases terrestres; ils possèdent un canal prioritaire qui leur donne accès immédiatement et automatiquement à la base terrestre quand on l'actionne. Les dimensions, le pointage et la stabilisation des antennes sont importantes pour la fiabilité du système, comme elles le sont dans tout système (excepté dans le cas des liaisons par câbles). Il faut assurer la stabilisation de l'antenne du navire ou de l'installation de forage par rapport à la position du satellite quel que soit le tangage et le roulis.

En raison du coût d'utilisation élevé des satellites, les éléments des «réseaux de forage» se servent d'abord de liaisons en fréquences moyennes (MF), hautes fréquences (HF) ou hyperfréquences (VHF) pour communiquer entre eux. Les liaisons en hyperfréquences (VHF) sont plus sûres que les premières mais ne peuvent être utilisées qu'à l'intérieur de la portée optique (environ 80 kilomètres). On se sert de ces moyens dans la zone d'exploration côtière où se trouvent l'île de Sable et le plateau Scotian. Les liaisons MF-HF font appel à la propagation par le sol et (ou) la propagation dans l'ionosphère. La portée effective du mode de propagation par le sol – le plus sûr – est de quelque 350 kilomètres; on se sert principalement de ce mode pour les opérations de forage dans la zone d'exploration centrale (où se trouve le gisement Hibernia). Quant au mode de propagation dans l'ionosphère, dont la portée est supérieure mais qui est moins sûr, on l'utilise pour les opérations exécutées dans les endroits plus éloignés (comme la zone offshore du Labrador).

La portée et la qualité des liaisons susmentionnées peuvent être diminuées par des phénomènes naturels tels que les éclairs, la pluie, la neige, le vent et l'action de la glace de mer. Les liaisons VHF sont celles que ces phénomènes touchent le moins. Une tempête, par contre, peut influer grandement sur le mode de propagation par le sol. Quant au mode de propagation dans l'ionosphère, sa fiabilité peut être amoindrie par la modification des conditions ionosphériques, qui peut être la cause de bruits importants, la nuit.

La liaison avec les hélicoptères est assurée principalement au moyen de la bande aéronautique VHF. Les hélicoptères et les navires de service sont munis d'équipements de communication MF/HF. Ces liaisons sont un peu plus faibles que les liaisons que peuvent établir les installations de forage et leur base terrestre, parce que ces dernières sont renforcées par un satellite. Toutes les liaisons dont on vient de parler peuvent se faire sur plusieurs voies, d'où la redondance de fréquence à la transmission et à la réception. Les installations de forage et les bases terrestres, notamment, sont équipées d'antennes et de récepteurs multifréquences et d'émetteurs de réserve, permettant la sélection et la commutation automatiques. Des accumulateurs au plomb fournissent au besoin un courant de secours suffisant.

Deux éléments appartenant à des réseaux rapprochés et n'utilisant pas la même fréquence privée peuvent communiquer sur un certain nombre de fréquences disponibles sur les bandes VHF, MF et HF pour les communications publiques. Des fréquences d'appel spéciales peuvent être utilisées pour établir une liaison de travail temporaire, par l'intermédiaire d'une station de la GCC. Ces stations sont

tenues d'assurer un service d'écoute permanent sur les fréquences de détresse et d'appel (500 kHz en radiotélégraphie en vertu de SOLAS, 2182 kHz et 156,8 mHz); cela vaut pour la plupart des stations de navire.

■ *RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT* Les recherches visant à améliorer les systèmes de communication par satellites et d'autres moyens de communication se poursuivent. On étudie notamment les systèmes de propagation par impulsions météoriques, dans lesquels les très hautes fréquences et les fréquences ultra-hautes se propagent par réflexion à partir de colonnes d'ionisation. On a aussi mis à l'essai des moyens de communication radiotéléphonique unidirectionnels et par facsimilé, ainsi que des voies de communication télégraphique bilatérale qui fonctionnent sur des distances de 800 à 2 000 kilomètres. Il y a également la possibilité de recourir à la radiotéléphonie et à sa technique d'évaluation automatique de voie (radio telephone with automatic channel evaluation – RACE), qui font appel à un réseau téléphonique interconnecté, ainsi qu'au système mobile de communication par satellites (M-SAT) qui permet de transmettre des messages sur de très grandes distances. La technique RACE, cependant, ne semble pas permettre d'obtenir des voies téléphoniques et des circuits de transmission de données de grande qualité; quant au système M-SAT, on n'en est rendu qu'à la phase de l'étude de faisabilité et de la conception, ce qui veut dire qu'il devrait être en service, à titre d'essai, entre 1986 et 1994.

■ *CONCLUSIONS* Les systèmes de communication utilisés en mer aujourd'hui sont fiables et semblent satisfaire les besoins des entreprises d'exploration. On pourrait toutefois augmenter la sécurité, en particulier quand il se produit un cas d'urgence, en munissant les hélicoptères d'un équipement VHF servant aux radiocommunications maritimes et les navires de service d'un équipement VHF utilisé pour les radiocommunications aéronautiques, pour que les deux services de soutien puissent communiquer directement l'un avec l'autre. Il faudrait aussi équiper les installations de forage, en particulier celles qui se trouvent à plus de 80 kilomètres ou à peu près des côtes (et qui pourraient être à l'extérieur de la zone VHF couverte par la station de la GCC), de terminaux reliés à un satellite. Le coût d'établissement de telles liaisons pourrait être payé par une mise en commun des ressources des exploitants permettant d'obtenir les meilleures antennes possibles dans une région donnée. On peut augmenter la fiabilité des systèmes de communication grâce à un programme d'entretien préventif suivi et à la présence du matériel nécessaire (pièces de rechange) et d'un technicien compétent à bord des MODU. Il faudrait aussi établir et transmettre aux opérateurs radio un plan de communication d'urgence expliquant comment utiliser les équipements de communication quand les liaisons sont rompues. Enfin, il faudrait clarifier la question de l'applicabilité des règlements canadiens aux installations de forage en mer, en particulier à celles qui sont propriétés étrangères.

Il serait profitable, à long terme, d'établir une base de données sur la fiabilité des équipements de communication d'une région donnée et d'effectuer des recherches destinées à augmenter la fiabilité des équipements de communication MF/HF et VHF en améliorant les antennes et en utilisant mieux les possibilités qu'offrent l'espace, la diversité des trajets et des fréquences et la polarisation.

Résumé du séminaire sur la gestion de la sécurité

Les méthodes de prévention des accidents qu'emploient les organisations pour contrôler et augmenter la sécurité des travailleurs et des lieux de travail varient selon les conceptions des organisations en matière de gestion et la mesure dans laquelle les industries sont réglementées. Le 17 septembre 1984, la Commission royale a tenu un séminaire portant sur la gestion de la sécurité. Des représentants de l'industrie, des entrepreneurs de forage et des propriétaires de navire de service avaient été invités à décrire les méthodes de prévention des accidents ou de gestion de la sécurité qu'on utilise dans leur milieu. Pour alimenter davantage la discussion et obtenir des points de vue différents, on avait aussi demandé à des représentants de Du Pont Canada de participer à cette rencontre. Du Pont Canada, chez qui les risques d'accidents pourraient être élevés et qui possède, en matière de sécurité, un dossier impressionnant, est un chef de file dans le domaine de la prévention des accidents.

Les programmes de prévention des accidents de Du Pont se sont avérés efficaces dans l'industrie minière et ailleurs. Les employés comptent des représentants au sein de la plupart des comités de Du Pont et la direction choisit les membres des comités de sécurité en fonction d'un seul critère: réunir les meilleurs intervenants possibles, qu'importe le groupe auxquels ils appartiennent. Dans certaines usines de Du Pont, des programmes de prévention ont été mis au point par des travailleurs avec l'aide d'un surveillant. Les travailleurs se sentent les maîtres de ces programmes et ils s'y engagent à fond, ce qui a d'heureux effets sur les résultats obtenus. Du Pont n'a pas cru nécessaire de se doter d'une politique concernant le refus de travailler parce que la direction se penche aussi bien sur les situations appréhendées par les travailleurs que sur les dangers réels qui ont été repérés.

Selon les exploitants et les entrepreneurs de forage, la responsabilité de la sécurité appartient à tous les paliers de la gestion. Si l'administrateur en chef est considéré comme étant celui qui, en dernier ressort, est responsable de la sécurité de son entreprise, chaque employé a le devoir de remplir ses fonctions de manière à ne pas provoquer de situations dangereuses pour lui et ses compagnons de travail.

En ayant surtout en vue de prévenir les accidents, l'industrie met en évidence la question de la sécurité:

- en faisant une partie intégrante de chaque opération par le biais des réunions sur la sécurité,
- en s'assurant que le milieu de travail est sans danger et qu'il existe des normes de travail appropriées et qu'on s'y conforme,
- en fournissant des fonds pour l'amélioration des équipements,
- en assurant de façon permanente la formation du personnel sur les questions de sécurité,
- en participant à la mise au point de programmes conjoints d'opérations d'urgence et d'exercices d'alerte.

Dans la plupart des entreprises, des programmes institutionnalisés de vérification de la sécurité permettent de s'assurer du succès des efforts déployés. Les programmes de prévention ne sauraient être efficaces si les dirigeants ne démontrent pas une volonté de s'engager à fond dans le domaine de la sécurité. Il semble qu'il soit courant, dans l'industrie, que les travailleurs participent à la gestion des programmes de prévention des accidents, notamment par le biais des réu-

nions des comités de sécurité et des programmes de primes destinés à prévenir les accidents. Les réunions des comités de sécurité permettent aux employés de signaler les sources de dangers possibles ainsi que de discuter des mesures prises pour éliminer des sources de dangers déjà signalées.

En vertu des règlements, les exploitants sont responsables de l'exécution sûre du programme de forage; ceux-ci, pour leur part, demandent aux entrepreneurs d'observer des normes de sécurité, et ils se permettent de contrôler les programmes de prévention de ces derniers. Selon un représentant du gouvernement, les programmes de prévention des accidents des exploitants et des entrepreneurs de forage sont les instruments qui permettent le mieux de promouvoir la prévention des accidents et l'efficacité des opérations d'urgence. Selon tous les participants, les mesures que renferment les règlements gouvernementaux ne constituent, au mieux, que le minimum exigible.

Un entrepreneur de forage a avancé que les organismes de réglementation devraient jouer le rôle d'un jury de titularisation pour ce qui concerne les cours de formation nécessaires pour assurer le fonctionnement sûr et efficace des MODU. C'est l'industrie qui devrait être le principal responsable des programmes de formation et des examens s'y rapportant; les organismes de réglementation devraient veiller à ce que les programmes soient appropriés, à ce que les examens soient assez rigoureux pour vérifier le degré de compétence des candidats et à ce que les établissements de formation soient agréés. L'Association pétrolière du Canada (APC) exprime l'avis que les postes qui, parmi les 34 décrits dans le rapport «*Guidelines for Minimum Training Qualifications/Standards (Floating Units Only) MODU Crew Personnel for Operation on Canada's East Coast*», comportent des fonctions chevauchant des spécialités de la marine et du forage, devraient faire l'objet de l'établissement par l'industrie d'un certificat de compétence. Depuis longtemps, il est accepté que la GCC s'assure de la compétence de ses employés dans le domaine maritime. Les exploitants admettent qu'il faut vérifier périodiquement si les employés sont suffisamment compétents pour accomplir certaines tâches. On a laissé entendre que, sans réglementation excessive, l'industrie continuerait d'élaborer des cours de formation à la faveur des activités de titularisation et de retitularisation.

Les représentants de l'industrie et ceux du gouvernement se sont dits d'avis qu'il faut rendre plus efficaces l'établissement et l'analyse des statistiques sur les accidents. L'APC a entrepris de recueillir des données sur les opérations de forage sur la côte est, et le comité médical consultatif de l'APGTC a commencé une étude destinée à déterminer quels sont les paramètres appropriés pour un système de collecte de données. Actuellement, l'APGTC communique à l'industrie ses commentaires sur l'analyse gouvernementale des accidents, quand elle juge approprié de le faire et si cette action ne met pas en danger le caractère confidentiel d'une opération.

Des représentants de Du Pont, qui a des usines dans plus de 30 pays, ont signalé que les règlements n'avaient pas eu de répercussions sur les programmes de sécurité de leur entreprise étant donné que celle-ci s'impose des normes de sécurité plus rigoureuses que les règlements ne l'exigent. Un représentant de Du Pont a proposé que les gouvernements réorientent leur action visant à améliorer la sécurité au travail de manière à définir clairement des objectifs précis à atteindre en matière de sécurité et à se doter d'un outil statistique cohérent destiné à mesurer les résultats des programmes. Des représentants de Du Pont ont suggéré de tenir compte, lors du calcul de la rémunération des employés, de la notation relative à la sécurité.

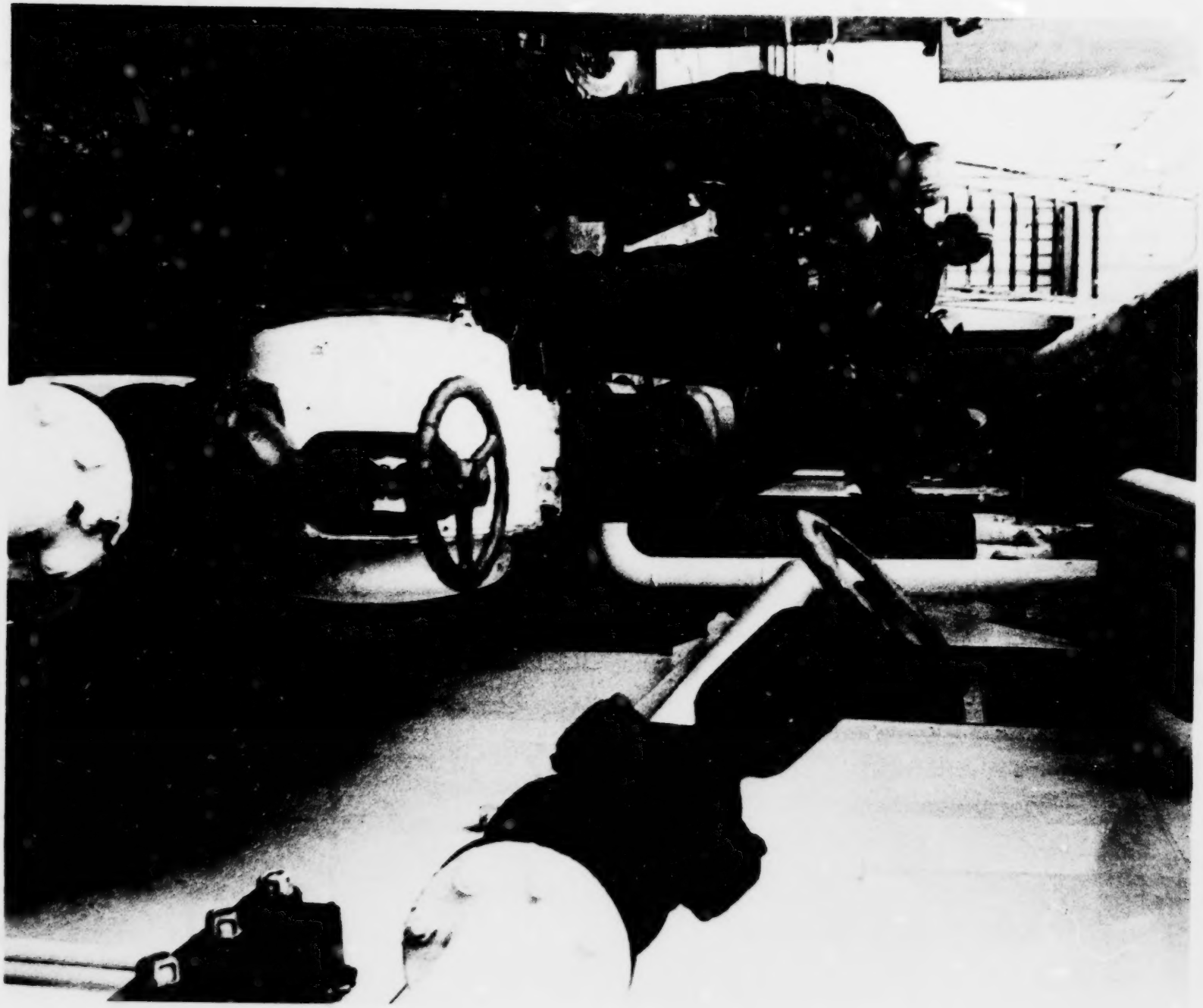
Il a été reconnu que les services de santé et les services de sécurité des

exploitants remplissent des missions complémentaires mais que les services de sécurité sont bien établis comparativement aux premiers pour lesquels ce n'est que récemment qu'on a défini des lignes directrices et des attributions générales relatives à leur gestion et à leur organisation. L'industrie sait que l'usage de l'alcool et de drogues peut être une cause de problèmes importants dans l'industrie du forage en mer. Pour lutter contre l'usage interdit de drogues, on effectue un tri préalable des candidats et on soumet les employés à un contrôle rigoureux avant le départ vers une installation de forage. Des exploitants ont mis sur pied un programme destiné aux travailleurs aux prises avec un problème chronique de consommation abusive d'alcool ou de drogues. L'APC, pour sa part, se penche régulièrement sur les problèmes liés à l'usage de l'alcool et de drogues, dans ses différents comités.

Un entrepreneur de navire de service s'est dit d'avis que la formation est l'un des meilleurs moyens de rendre plus sûr l'accomplissement de tâches comme celles des équipages d'embarcations rapides de sauvetage. Selon un exploitant, il faudrait évaluer la capacité des équipements de sécurité de remplir les fonctions auxquelles ils sont destinés avant de rendre obligatoire leur utilisation.

5

FORMATION



FORMATION

FORMATION RELATIVE AU MILIEU MARIN ET A LA SÉCURITÉ

La formation relative au milieu marin et à la sécurité dans l'industrie du pétrole au large de la côte est
College of Fisheries, Navigation, Marine Engineering & Electronics,
Saint-Jean, Terre-Neuve,
mai 1984

L'efficience opérationnelle et le rendement de toute activité industrielle repose sur un système industriel bien conçu combiné à un personnel bien entraîné. À moins qu'une activité ne soit entièrement automatisée, il faut que le personnel engagé possède certaines compétences professionnelles spécifiques ou qu'il soit en mesure de les acquérir par la formation et l'expérience. Ce qui singularise l'industrie du forage offshore, c'est qu'elle se situe en milieu marin. Par conséquent, le système industriel que l'on trouve à bord d'une installation mobile de forage offshore (mobile offshore drilling unit ou MODU) est conçu de façon à faire face à des contraintes opérationnelles particulières, inconnues à terre. De même, les personnes qui travaillent en mer doivent posséder des compétences professionnelles qui exigent parfois des connaissances, une formation et de l'expérience dans deux domaines distincts: les opérations navales et les opérations de forage. Étant donné que le forage en mer est une activité industrielle relativement nouvelle, le nombre de travailleurs possédant toutes les compétences requises est assez restreint. L'industrie et le gouvernement doivent donc collaborer en vue d'élaborer des programmes de formation qui permettront aux travailleurs de remplir leurs tâches efficacement en toute sécurité.

La question de la formation en mer est abordée de différentes façons aux États-Unis, au Royaume-Uni, en Norvège et au Canada, et le mode de financement des activités de formation est également très différent dans chacun de ces pays. En Norvège, on croit que la société doit prendre ses responsabilités. Le gouvernement joue donc un rôle actif dans la réglementation de la formation relative au milieu marin et de la formation industrielle chez les travailleurs des installations mobiles de forage offshore, ainsi qu'en ce qui a trait à la formation en matière de sécurité. En général, ces programmes de formation sont financés par le gouvernement. Aux États-Unis, par contre, le gouvernement n'exerce qu'un contrôle limité dans ce domaine. S'il existe une certaine réglementation à l'égard des cadres de l'industrie et du milieu marin, la formation et le financement des activités de formation sont entièrement du ressort de l'industrie. Au Royaume-Uni, les modes d'administration et de financement des activités de formation en mer ont subi des transformations au fil des ans. À l'origine, le gouvernement mettait sur pied et finançait des commissions de formation chargées d'organiser et d'administrer des programmes de formation pour le compte de l'industrie. Les sommes servant à financer les opérations de ces commissions et leurs programmes de formation provenaient des impôts prélevés dans l'industrie. Les associations industrielles assument maintenant le contrôle des commissions de formation, et des programmes

sont élaborés à la demande des membres des diverses associations industrielles. Plusieurs établissements de formation du personnel commercial fournissent une grande variété de cours spécialisés, notamment dans les domaines de la sécurité et de la survie.

Au Canada, la réglementation en matière de formation en mer paraît plutôt générale dans ses applications. Avant la perte de l'*Ocean Ranger*, certaines normes spécifiques régissaient la formation des cadres employés au contrôle des puits de forage, mais aucun programme de perfectionnement ou de formation relatif au milieu marin (lié à la survie et à la sécurité) n'était obligatoire. Depuis 1982, les organismes de réglementation et l'industrie se sont penchés plus à fond sur les besoins en formation des travailleurs en mer. Certains programmes de formation industrielle, financés par l'industrie, ont été élaborés à l'intention des travailleurs en mer par le *Petroleum Industry Training Service (PITS)*. Des établissements publics de formation et des établissements de formation du personnel commercial ont aussi élaboré des programmes de spécialisation. Il s'agit de programmes élémentaires sur les mesures d'urgence et la survie, qui sont financés par les participants. Aucune norme gouvernementale impérative ne s'applique à ces programmes.

Pour assurer la sécurité et l'efficacité des opérations en mer, il faut que le gouvernement collabore avec l'industrie et les établissements de formation pour élaborer des normes applicables au personnel des MODU, des bâtiments de soutien et des aéronefs. Il faudrait aussi tenter de faire accepter ces normes à l'échelle internationale.

■ *OPÉRATIONS D'URGENCE – FORMATION DE NIVEAU ÉLÉMENTAIRE* Dans l'exécution des tâches qui leur sont assignées, les travailleurs en mer doivent chercher à éviter de susciter des dangers, avoir la réaction initiale voulue face à une situation donnée et, le cas échéant, assurer leur propre survie et celles des autres. La formation élémentaire en matière de sécurité vise à préparer le personnel à assumer ses responsabilités. Toutefois, le contenu des cours offerts dans ce domaine varie considérablement selon le pays.

Au Royaume-Uni, le ministère de l'Énergie exige que toute personne employée à bord d'une installation mobile de forage offshore sur le plateau continental du Royaume-Uni reçoive la formation nécessaire pour assurer sa propre sécurité. La *Health Mineral Workings (Offshore Installations) Act* de 1971 et la *Health and Safety at Work Act* de 1974 sur l'hygiène et la sécurité du travail posent certaines exigences en la matière, sans toutefois préciser de normes. La *United Kingdom Offshore Operators Association* (UKOOA) et l'*Offshore Petroleum Industry Training Board* (OPITB) ont préparé des lignes directrices en vue de répondre aux exigences des lois et recommandent différents niveaux de formation en matière de sécurité pour différentes catégories de travailleurs. Cette formation est assurée par des institutions britanniques mais étant donné que ces lignes directrices n'ont pas force de loi, les exploitants ont du mal à obliger les entrepreneurs à les suivre.

En Norvège, tous les travailleurs en mer doivent suivre un cours élémentaire en matière de sécurité, conformément aux normes énoncées dans le document LEIRO II. Ce cours comprend une période de formation à terre de deux semaines suivie d'une semaine d'apprentissage, à la discrétion de l'employeur. Comme tous les travailleurs en mer de Norvège sont obligés de suivre ce cours, on s'est aperçu qu'on ne possédait pas assez d'établisssements pour répondre aux besoins d'une main-d'oeuvre nombreuse. La Norvège a donc autorisé au moins un établissement britannique à offrir le cours LEIRO, puisque les normes britanniques sont très semblables aux normes norvégiennes.

Les États-Unis ont une attitude très différente de celle du Royaume-Uni et de la Norvège pour ce qui est de la formation élémentaire en matière de sécurité. Aucune loi ni aucun règlement ne portent sur la formation élémentaire de sécurité

pour le personnel travaillant à bord de MODU immatriculées aux États-Unis. En fait, la plupart des compagnies américaines ne voient pas la nécessité d'offrir des cours de survie en mer à tous les travailleurs offshore et préfèrent organiser sur place leurs propres programmes d'apprentissage et d'exercices en vue d'obtenir le niveau de compétence voulu. L'un des facteurs qui sert à justifier cette attitude est le taux relativement élevé du roulement chez les préposés au forage.

Au Canada, les règlements exigent que toute personne employée en mer reçoive une certaine formation élémentaire en matière de sécurité, mais aucune norme nationale n'a encore été édictée à ce sujet. Le certificat de capacité d'exercer des fonctions d'urgence en mer (*Marine Emergency Duties* ou MED) décerné par le ministère des Transports constitue une première étape importante, mais l'industrie considère que ce programme n'est pas tout à fait approprié aux installations mobiles de forage offshore étant donné qu'il a été conçu en fonction des opérations navales. Pour combler cette lacune, l'industrie propose un cours élémentaire de formation en milieu marin (*Basic Offshore Training* ou BOT) d'une durée de cinq jours comportant quatre niveaux de formation pour répondre aux besoins des différentes catégories de visiteurs et des travailleurs réguliers. Le cours élémentaire de survie en mer offert par Terre-Neuve et le Labrador (*Basic Offshore Survival Training* ou BOST), semblable aux cours offerts au Royaume-Uni et en Norvège, dure deux semaines et tient également compte des besoins différents des travailleurs réguliers et des surnuméraires.

Le contenu des cours BOT et BOST se ressemble beaucoup; l'industrie et le gouvernement cherchent actuellement à établir une norme nationale unique qui devra englober deux types de sujets: les dangers du milieu marin et la prévention et le contrôle des incendies; et l'abandon des installations, le sauvetage et la survie. Les cours qui en découleront devront comporter différents niveaux correspondant aux différents catégories de personnes qui doivent passer plus ou moins de temps en mer, et certains pourront recevoir des cours supplémentaires dans certains domaines comme les procédures applicables aux hélicoptères et les opérations radio.

■ *OPÉRATIONS D'URGENCE – SPÉCIALISATION* À bord des installations mobiles de forage offshore, les opérations d'urgence relèvent principalement des spécialistes qui reçoivent l'aide du personnel possédant une formation élémentaire en la matière. Il n'est donc pas nécessaire que tous possedent une haute compétence dans tous les domaines liés à la sécurité. De plus, pour régler certaines situations il est parfois préférable, voire essentiel, de compter sur une équipe capable de coordination. Aucun pays ne s'est toutefois intéressé suffisamment à la spécialisation du personnel en matière d'urgence, et il y a peu de règles ou de règlements officiels sur le sujet, bien qu'en Norvège et au Royaume-Uni de nombreux cours soient offerts et suivis par les travailleurs. Les cours de spécialisation permettent par exemple de faire partie de l'équipe d'intervention en cas d'avarie, de l'équipe de lutte contre les incendies, de l'équipage d'une embarcation de sauvetage (une personne à la mer), d'être le patron d'une embarcation de survie et de donner les soins d'urgence.

Seul le Canada exige la formation d'une équipe d'intervention en cas d'avarie conformément à une directive de l'APGTC qui observe ces équipes à l'oeuvre pour vérifier leur efficacité. Aux États-Unis et en Norvège, le personnel de marine cadre des MODU suit un cours élémentaire d'intervention en cas d'avaries à bord d'un navire. Cette formation fait partie de la formation régulière. De plus, en Norvège, le cours élémentaire de sécurité du LEIRO comporte aussi une certaine formation en la matière.

Les équipes (chef et membres) de lutte contre les incendies sont généralement constituées de la même façon qu'à bord des navires, sauf que sur les MODU on peut y inclure des membres du personnel de forage. En Norvège et au

Royaume-Uni, de nombreuses écoles offrent des cours avancés de lutte contre les incendies. Toutefois, aux États-Unis, où la loi n'exige pas d'autre formation en la matière que celle qui est offerte dans le cadre de la formation régulière relative au milieu marin, on peut néanmoins suivre des cours supplémentaires dans des écoles habituellement affiliées à des universités. Le Canada n'offre aucun cours de spécialisation pour les équipes de lutte contre les incendies sur les MODU, et le personnel doit se rendre aux États-Unis ou outremer pour en suivre. Tous les organismes de réglementation exigent cependant une formation en matière de lutte contre les incendies à bord des hélicoptères. Cette formation est offerte au Royaume-Uni et aux Pays-Bas.

À bord de chaque MODU, une équipe de sauvetage désignée est chargée de manoeuvrer les canots gonflables de type «Zodiac» ou les embarcations rapides de sauvetage (ERS) lorsqu'une personne tombe à la mer. La formation de ces équipes se déroule le plus souvent à bord des installations mêmes, car il n'existe aucun cours de spécialisation en la matière, à part les cours destinés aux équipes ERS des bâtiments de soutien. Au Royaume-Uni, les exercices de sauvetage (une personne à la mer) à bord des bâtiments de soutien font l'objet des lignes directrices de l'UKOOA, mais aux États-Unis et au Canada, il n'existe aucune règle sur la façon d'effectuer ces manoeuvres, et les compagnies peuvent établir leurs propres normes en la matière.

Au Canada et aux États-Unis, certains membres du personnel doivent avoir suivi un cours de patron d'embarcation de survie, et cette exigence s'applique aussi aux exploitants offshore dans la mer du Nord. Après avoir suivi un cours élémentaire en matière de sécurité, un cours d'un ou de deux jours permet généralement de devenir canotier, sauf aux États-Unis où le cours dure de cinq à huit jours. Il s'agit essentiellement de cours pratiques portant sur toutes les étapes de la manoeuvre des embarcations de survie.

Au large de la côte est du Canada, les plans d'urgence exigent la présence de spécialistes capables de venir en aide au personnel médical de l'installation en cas d'urgence. Ces spécialistes ont généralement suivi un simple cours de premiers soins.

La formation générale en matière de sécurité ne répond pas adéquatement aux besoins particuliers liés à la nature des activités de l'industrie offshore dans l'est du Canada, lesquelles sont menées dans des endroits éloignés et isolés. Le Canada a besoin d'établissements de perfectionnement et les établissements offrant actuellement des cours de niveau élémentaire en matière de sécurité pourront sans doute faire l'affaire. Étant donné que les normes relatives au perfectionnement sont peu nombreuses, les nouvelles devront insister sur la nécessité pour les spécialistes de participer à des exercices réguliers et de suivre périodiquement des cours de perfectionnement.

La composition et la structure du personnel à bord des MODU varient selon le type d'installation, ses activités (forage ou déplacement vers ou sur un lieu de forage ou en provenance d'un lieu de forage), son pavillon d'immatriculation et la politique d'exploitation des propriétaires. En général, on peut diviser le personnel en trois groupes: les employés de marine, les travailleurs industriels ou de forage et les employés de soutien. À bord des installations de forage offshore, la structure du groupe des employés de marine peut varier bien davantage que celle du groupe de forage. Toutes les équipes de forage ont la même structure, quel que soit le type d'installation ou le pavillon arboré; cependant, celle de l'équipage de marine peut varier en fonction de ces mêmes éléments.

■ *ÉQUIPAGE MARIN* Les normes relatives au personnel de marine à bord des bâtiments de forage sont assez semblables d'un pays à l'autre. Chaque bâtiment compte des officiers brevetés et des marins entraînés. Durant les opérations, on trouve habituellement un noyau de personnel de marine à bord des plates-formes

de forage auto-élévatrices, mais au moment du déplacement vers un nouveau lieu de forage, la plate-forme est confiée à une équipe spéciale de marins qui s'est d'ailleurs chargée de la préparer. La composition du personnel de marine des semi-submersibles est différente d'un pays à l'autre. Ainsi, les installations norvégiennes, britanniques et canadiennes doivent avoir des officiers et des matelots brevetés à bord en tout temps, tandis que les installations américaines n'ont besoin de personnel breveté que pour les longs déplacements, et seulement s'il s'agit d'une installation automotrice.

La formation et la certification des équipages marins des MODU varient également beaucoup selon le pays, non seulement à cause de philosophies différentes dans le domaine de la réglementation, mais aussi en raison de structures de commandement différentes. En Norvège, au Canada et au Royaume-Uni, on considère généralement les installations mobiles de forage offshore comme étant des navires engagés dans des activités industrielles pour lesquels il faut donc des officiers et des marins brevetés. Aux États-Unis cependant, les MODU sont considérées comme étant des aires industrielles, aussi les équipages peuvent-ils se contenter de posséder des brevets «industriels» au lieu des brevets de «navigation» traditionnels.

En Norvège, le responsable est toujours un capitaine possédant une ou deux années d'expérience de travail à bord d'une installation mobile de forage dans un poste clef. Il doit suivre un cours de gestionnaire de plate-forme d'une durée de six semaines portant entre autres sur la technologie du forage et la manoeuvre de l'installation. Ce cours fournit la plus grande partie des connaissances nécessaires à un navigateur pour gérer une MODU. Le capitaine est cependant tenu de consulter le chef de la section de forage et le chef de la section de la stabilité chaque fois que l'installation de forage est en danger.

À bord des MODU immatriculées au Canada et au Royaume-Uni, le responsable doit détenir un brevet de capitaine. Au Royaume-Uni, les capitaines doivent suivre un cours de gestion d'installation offshore d'une durée de deux ou trois jours destiné à les informer sur leurs obligations juridiques plutôt que sur les aspects opérationnels des installations. Au Canada, depuis septembre 1983, les capitaines des installations de forage offshore doivent suivre le cours MED III de cinq jours qui porte sur le leadership dans différentes situations d'urgence. Les exploitants de MODU immatriculées à l'étranger mais en exploitation sur le plateau continental du Canada ou du Royaume-Uni doivent nommer un responsable, mais c'est le propriétaire qui doit veiller à ce que la personne choisie soit qualifiée, et il n'existe aucune norme relativement à sa formation.

Aux États-Unis, les capitaines des navires de forage et des semi-submersibles automotrices de passage n'ont pas à suivre de cours particuliers relativement aux MODU. À bord des installations où un capitaine breveté n'est pas requis, le responsable doit posséder un brevet «industriel» spécial de capitaine. Le plus souvent, ces capitaines détenant un brevet «industriel» possèdent quatre années d'expérience à bord d'une installation de forage, y compris deux années à un poste de responsabilité auprès du personnel de marine ou du personnel de forage, ou encore un baccalauréat ès sciences et trois années d'expérience, y compris une année à un poste de surveillance. En outre, le capitaine doit posséder un certificat de radariste et un certificat de contrôle de puits. Le brevet industriel spécial de capitaine demande 15 à 20 jours de formation. Si ce type de brevet s'avère apparemment approprié pour les opérations dans le golfe du Mexique, il ne permet pas d'acquérir les connaissances suffisantes en vue des opérations offshore de l'est du Canada.

Le responsable doit bien comprendre les rapports qui existent entre les activités de forage et les opérations de navigation, ainsi que les capacités et les limites de son installation. Un capitaine ou un chef de chantier de forage ne possédant

pas la formation requise en vue de l'exploitation d'un type précis de MODU ne peut posséder toutes les connaissances voulues pour commander une installation offshore. À l'heure actuelle, le Canada ne possède aucun système de conduite, d'autorisation ou d'attestation des cours sur les installations offshore destinés aux capitaines ou des cours de formation liés au milieu marin destinés aux chefs de chantier de forage. Il faudrait élaborer un cours permettant aux capitaines brevetés de se familiariser avec les opérations de forage et avec les caractéristiques particulières des MODU, et leur donner par la suite le statut de «capitaine de MODU». À bord des installations auto-élévatrices, le chef de chantier de forage peut devenir le responsable à condition de suivre un cours pour se familiariser avec les conditions qui ont cours au large de la côte est du Canda et avec les mesures à prendre en cas d'urgence maritime.

À bord d'une MODU, le second doit généralement posséder un brevet de navigation approprié. La Norvège seule oblige les seconds à suivre des cours additionnels sur la stabilité et sur les opérations des installations mobiles de forage offshore. Sur une MODU immatriculée aux États-Unis, tout employé possédant un brevet «industriel» fait l'affaire, à moins d'exigences contraires de la *U.S. Coast Guard*. Le Canada n'exige aucune formation additionnelle de la part des seconds qui ont suivi le cours régulier en vue d'obtenir un brevet de navigation. Bien que la formation généralement dispensée aux seconds constitue une base solide, elle ne tient pas compte des particularités des MODU. Les seconds devraient suivre des cours additionnels en matière de stabilité, d'opérations à bord d'installations mobiles de forage offshore, de lutte contre les incendies, d'intervention en cas d'avarie, de sauvetage (une personne à la mer) et de déploiement des embarcations de survie.

Aucune norme universelle n'a encore été élaborée en vue de la formation des opérateurs de ballasts (personnel de quart). Au niveau international, on s'affaire depuis quelque temps à élaborer de nouveaux cours, dont beaucoup portent sur la stabilité des semi-submersibles. Cela ne suffit pas. Aux États-Unis, aucune loi ni aucun règlement n'oblige les opérateurs de ballasts à suivre des cours, bien qu'un établissement au moins offre un cours intensif faisant appel à un simulateur et à des manuels d'instruction individuelle. Au Royaume-Uni, il n'existe pas non plus de normes quant à la formation et à l'accréditation de ce type de travailleurs. Les propriétaires sont supposés fournir le personnel compétent capable d'assurer la sécurité des opérations.

La Norvège seule offre un programme officiel de formation aux opérateurs de ballasts. Ce programme couvre les opérations dans la salle de contrôle et les opérations de ballastage, ainsi que la formation élémentaire relative au milieu marin ou à la technique. L'Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada (APGTC) exige que les opérateurs de ballasts à bord des installations au large de la côte est du Canada aient suivi un cours approuvé en matière de contrôle des ballasts sur les installations flottantes. Aucune norme n'a toutefois été publiée à ce sujet. Les qualifications minimales varient, de même que les programmes d'instruction offerts par les entrepreneurs en forage. La formation devrait porter au moins sur la stabilité des MODU multi-coques à l'état intact et après avarie, le ballastage en cas d'avarie ou de perte du système de contrôle principal et sur l'évaluation des effets de la tension de l'ancre sur la stabilité et l'assiette, ainsi que sur le système lui-même. Le Certificat d'officier de quart pourrait servir de base à l'élaboration de ce type de cours.

En Norvège, l'ingénieur en chef est le chef de la section technique. En plus de détenir un certificat de qualification d'officier mécanicien de marine classe 1 (machinerie ou automatisation électronique) ou un certificat d'ingénieur en chef, et de posséder au moins une année d'expérience à titre d'adjoint technique à bord d'une installation mobile de forage offshore, il doit suivre un cours approuvé en vue

de devenir chef de la section technique. Dans le cas des bâtiments immatriculés au Royaume-Uni, les ingénieurs n'ont pas à suivre de cours spéciaux pour travailler sur une MODU. Le niveau de formation requis pour assurer la compétence voulue est laissé à la discrétion du propriétaire.

Les installations mobiles de forage offshore ont généralement un ingénieur en chef à bord en tout temps, et celui-ci est habituellement responsable du fonctionnement et de la maintenance du matériel électrique, mécanique et de levage. La *U.S. Coast Guard* accorde des brevets d'ingénieur en chef de «bâtiments de forage automoteurs stabilisés par colonnes ou auto-élévateurs de toute puissance.» Les candidats au poste d'ingénieur en chef doivent posséder quatre années d'expérience en matière d'opération, de construction ou de maintenance de moteurs diesel, dont au moins deux années à titre de huileur, d'ingénieur, de mécanicien, d'électricien ou autre à bord d'une MODU. Aux États-Unis, la plupart des compagnies assurent la formation des ingénieurs sur place à l'aide de bandes magnétoscopiques, de diapositives, d'enregistrements et de cours. Certaines compagnies font suivre une série de petits cours à leurs candidats, dans leurs services ou à l'extérieur.

Les MODU immatriculées au Canada ont à leur bord des ingénieurs possédant des certificats classiques d'ingénieur de première et de deuxième classe de la marine marchande. Peu de personnes possèdent toutefois un certificat d'ingénieur de première classe au Canada. Il n'existe par ailleurs aucune exigence particulière relativement à la formation et à l'accréditation des ingénieurs appelés à travailler à bord d'installations offshore. Il faut étudier la possibilité d'élaborer un cours permettant aux ingénieurs qualifiés (pas nécessairement des mécaniciens de marine) de comprendre toutes les exigences liées à la machinerie et aux systèmes des installations offshore. Ce cours pourrait permettre d'obtenir un «certificat d'ingénieur de MODU». À l'heure actuelle, les normes canadiennes régissant l'octroi des certificats de navigation de première et de deuxième classe, ou l'équivalent, semblent adéquates. Aux États-Unis, l'examen que la *Coast Guard* fait subir aux ingénieurs des MODU n'est pas soumis à des normes aussi sévères et n'est peut-être pas approprié aux opérations effectuées au large de la côte est du Canada.

Aux États-Unis, en Norvège et au Royaume-Uni, les opérateurs radio à bord de MODU en exploitation à «l'étranger» qui sont dotées d'un radio-télégraphe possèdent généralement un certificat d'opérateur radio de deuxième classe. Il arrive cependant que des exemptions soient accordées, étant donné que les voyages transocéaniques ne sont guère fréquents dans le cas de la plupart des semi-submersibles et des installations de forage auto-élévatrices qui sont alors presque toujours accompagnés d'autres bâtiments. Les installations offshore norvégiennes sont tenues d'avoir à leur bord deux opérateurs radio détenant un certificat de navigation de deuxième classe. Les cours donnant droit à ces certificats durent généralement de six mois à deux ans, sauf dans le cas du certificat restreint du radiotéléphone, et abordent la plupart des technologies associées à la radio (MF, HF, VHF). La plupart présentent cependant des lacunes en ce qui a trait aux nouveaux systèmes télex, de télémétrie et de transmission par satellite. Le Certificat restreint d'opérateur de radiotéléphone que délivre actuellement le Canada ne donne pas aux opérateurs radio la compétence voulue pour travailler à bord d'une MODU, à moins qu'ils n'aient reçu de leur employeur une formation supplémentaire adéquate concernant le fonctionnement du matériel spécial et les mesures d'urgence. Quand une MODU a des opérateurs possédant un certificat de navigation d'un niveau plus élevé que le Certificat restreint d'opérateur de radiotéléphone, elle a à sa disposition des opérateurs qui ont reçu une formation adéquate. La mention «station terrienne» proposée par un groupe de travail du ministère des Communications et de la Garde côtière canadienne serait une bonne chose lorsque les installations mobiles de forage offshore sont équipées d'un sys-

tème de communication par satellite.

Aux États-Unis et au Royaume-Uni, il n'existe aucune exigence particulière relativement à la formation des opérateurs de grues. Dans l'industrie, on envoie parfois les opérateurs de grue recevoir une certaine formation dans une école à terre, mais le plus souvent, celle-ci prend la forme d'un apprentissage sur place sous surveillance. En Norvège, les règlements exigent que les opérateurs de grue aient déjà travaillé à bord d'une installation de forage offshore ou d'une plateforme pendant six mois à titre d'ouvriers sondeurs ou de manoeuvres, qu'ils aient réussi un cours approuvé par le *Maritime Directorate*, et qu'ils aient acquis une certaine expérience dans l'opération des grues à bord d'une installation de forage offshore sous la surveillance d'un opérateur de grue breveté. Les brevets d'opérateur terrestre de grue sont acceptés, mais leurs titulaires doivent parfois recevoir une formation supplémentaire. Au Canada, aucun règlement ne traite de la formation ou de la certification des opérateurs de grues en mer, et il n'existe aucun cours particulier qui leur soit destiné. Les propriétaires canadiens d'installations mobiles de forage offshore font actuellement appel aux établissements scolaires américains. Il faudrait songer à se doter d'un établissement pour dispenser une bonne formation d'opérateur de grue en mer dans l'est du Canada.

Au Royaume-Uni, il n'existe aucune norme précise sur la formation des préposés à l'atterrissage des hélicoptères, mais la plupart des compagnies offrent le cours de deux jours de *Petroleum Training Association North Sea* (PETANS) et *Scottish Offshore Training Association* (SCOTA). Ce cours a été élaboré conjointement par toutes les parties en cause et, bien qu'il ne soit pas reconnu de façon officielle, il constitue en fait un «cours approuvé». Les exigences relatives à la formation à bord des installations mobiles de forage dans les eaux norvégiennes sont semblables a celles qui ont cours au Royaume-Uni. Le poste de préposé à l'atterrissage des hélicoptères n'est pas reconnu officiellement à bord de la plupart des installations au large du Canada et n'est pas confié à une catégorie particulière de travailleurs. Il n'existe aucun cours officiel à ce sujet aux États-Unis ni au Canada: l'apprentissage se fait sur place. Dans une situation complexe pouvant comporter des dangers, la présence de personnes bien entraînées, capables de comprendre le déroulement des événements et de réagir en conséquence est essentielle. Il faudrait former un comité composé de pilotes d'hélicoptères, de propriétaires de MODU et de représentants du gouvernement afin d'étudier les cours offerts en la matière en Europe en vue d'exiger une formation similaire au Canada.

Seule la Norvège impose des normes officielles quant au métier d'opérateur de positionnement dynamique et exige des candidats un brevet de second. La formation additionnelle nécessaire s'acquiert habituellement par l'apprentissage. Les manufacturiers offrent des cours de base que suivent généralement les préposés au positionnement dynamique des nouvelles installations qui assurent ensuite la formation de leurs successeurs. Le U.K. Nautical Institute a fait des propositions au *Department of Transport* en vue de rendre officielle la formation des opérateurs de positionnement dynamique, et ces propositions sont à l'étude. Au Canada, il faudrait penser à élaborer un cours approprié d'opérateur de positionnement dynamique et à installer les simulateurs requis. Cela ne serait peut-être pas nécessaire si les fabricants de matériel de positionnement dynamique étaient en mesure de fournir une formation adéquate aux opérateurs. L'emploi de simulateurs constitue la seule façon de s'exercer à faire face aux situations d'urgence.

Le Canada est le seul pays qui pose des exigences particulières concernant la formation des observateurs météorologiques et des observateurs de la glace; ceux-ci sont tenus de passer les examens du Service de l'environnement atmosphérique (SEA) sur l'observation météorologique aéronautique et maritime. Les compagnies peuvent organiser leurs propres cours à condition que le SEA approuve les instructeurs choisis. Les examens donnant droit au certificat supplé-

mentaire en météorologie aéronautique sont administrés par le personnel du SEA. La plupart des nouveaux observateurs mettent de huit à dix jours pour apprendre à se servir du matériel météorologique, à observer et à remplir les formules normalisées. De plus, les compagnies donnent un cours de deux jours sur les procédures qui leur sont propres, sur le matériel océanographique et sur l'observation. À bord des installations susceptibles de se trouver sur la trajectoire des icebergs, les observateurs doivent suivre un cours supplémentaire sur le tracé des glaces, organisé par la compagnie. La formation en matière d'observation radar se fait sur place ou dans un établissement de formation local. Les observateurs semblent bien entraînés en vue de remplir leurs fonctions, surtout qu'il est de règle que les nouveaux observateurs soient accompagnés d'observateurs d'expérience pendant un certain temps.

■ *PERSONNEL DE FORAGE* La composition du personnel ou de l'équipe de forage est la même à bord de toutes les installations mobiles de forage offshore, quel que soit le pays d'origine. Le personnel de forage est divisé en deux équipes de douze heures et appuyé par divers spécialistes. Il est généralement sous les ordres d'un représentant de l'exploitant. Seule la Norvège propose un programme complet de formation du personnel de forage adapté au travail en mer. Le Canada et le Royaume-Uni exigent que les membres du personnel de forage occupant des postes clefs suivent un cours sur la prévention des éruptions (contrôle des puits), et ce cours est obligatoire pour l'ensemble du personnel de forage aux États-Unis. La formation en matière de contrôle des puits s'adresse à tout le personnel cadre et doit porter entre autres sur la prévention des éruptions sous-marines (blowout preventer ou BOP), sauf dans le cas des plates-formes de forage auto-élévatrices où le matériel BOP n'est pas employé. Les ingénieurs sous-marins, notamment, doivent bien connaître l'emploi et la maintenance de ce matériel. Le Canada possède des installations adéquates quant à la formation en matière de forage, mais il faudra que le gouvernement, l'industrie et les responsables de l'enseignement se concertent afin d'assurer le meilleur usage de ces installations en vue de la formation de spécialistes en opérations offshore. Il faudra également chercher à faire accepter les brevets canadiens en matière de contrôle des puits dans les autres pays ce qui, étant donné le caractère itinérant des opérations offshore, serait un grand avantage pour le personnel de forage qui n'aurait pas toujours à obtenir de nouveaux certificats.

■ *PERSONNEL DE SOUTIEN* Toute installation de forage offshore reçoit, de divers bâtiments et aéronefs, des services de soutien logistique, d'approvisionnement et de transport. Les bâtiments de soutien offshore remplissent un certain nombre de fonctions: ils approvisionnent les MODU, ils transportent du matériel de support de plongée, ils s'occupent de la manoeuvre des ancres et ils remorquent les icebergs. Ils peuvent être aussi assignés à une installation donnée, et sont par conséquent dotés d'embarcations rapides de sauvetage (ERS) et d'autres matériels de sauvetage et d'urgence. La formation normale des officiers de marine et des marins, si elle est adéquate pour l'ensemble des tâches, ne couvre pas certains aspects du soutien en mer, et notamment le transbordement de marchandises. Pour que le personnel puisse remplir ces fonctions avec assurance, il faut des cours supplémentaires en la matière. À bord des navires de soutien, l'équipage doit avoir une grande expérience de la mer mais aussi recevoir une formation en matière de sauvetage et d'urgence. À l'heure actuelle, les matelots de pont des navires de soutien ne reçoivent pas une formation adéquate dans l'utilisation du matériel spécial de sauvetage et des nouvelles techniques de sauvetage ainsi que dans le traitement d'un grand nombre de victimes. Il faudra donc élaborer un cours qui leur donnera une bonne formation de base pour l'exécution des tâches de soutien et de sauvetage. Les équipages des embarcations rapides de sauvetage ont besoin d'une formation spéciale et d'exercices réguliers, mais tout l'équipage du navire

doit apprendre à mettre une embarcation de sauvetage à la mer et à la récupérer, à retirer les survivants de l'eau et à donner les soins d'urgence en cas d'hypothermie et de noyade. L'équipage régulier d'un navire de soutien doit recevoir la même formation que le personnel des MODU en ce qui concerne la sécurité et la survie, y compris en ce qui a trait au matériel de sauvetage spécialisé dont il n'est pas fait mention dans le cadre du cours MED II. Il faut aussi prévoir des exercices réguliers et des cours de perfectionnement afin d'assurer le maintien des compétences.

Au Canada, le gouvernement contrôle les opérations aériennes de façon très stricte, tant en ce qui a trait à l'équipement et au personnel qu'aux opérations elles-mêmes. Les hélicoptères offshore locaux sont équipés pour transporter des treuils et d'autres appareils de sauvetage conservés à terre, mais les opérateurs d'hélicoptères ne font pas appel à du personnel spécialisé en vue de l'utilisation de ce matériel de sauvetage. Au Canada, les hélicoptères commerciaux peuvent, du moins le jour, dans des conditions de vol à vue, effectuer des opérations de recherche et sauvetage (SAR) à condition que leur équipage ait reçu la formation adéquate. Celui-ci devrait avoir suivi des cours d'abandon d'aéronef en mer (*Helicopter Underwater Escape Training* ou HUET), de lutte contre l'incendie en vol et de soins d'urgence. Le fait de suivre des cours de survie et de soins d'urgence permettrait également aux équipages des hélicoptères de faire face aux urgences en attendant l'aide extérieure. On pourrait aussi obliger les passagers des hélicoptères à suivre le cours HUET. À l'heure actuelle, il n'existe aucun cours officiel de sauvetage lié aux hélicoptères à l'exception de ceux qui sont donnés par le ministère de la Défense nationale, bien que certaines compagnies aient un programme en ce sens. Il faudrait envisager d'offrir le cours de technicien en recherche et sauvetage (SARTECH) au personnel civil, si on ne peut augmenter les ressources SAR chez le personnel militaire.

Résumé du séminaire sur la formation offshore

Le naufrage de l'*Ocean Ranger* en février 1982 a révélé de graves lacunes dans la formation donnée aux travailleurs de l'industrie du forage au large des côtes canadiennes. Depuis, l'industrie, le gouvernement et les établissements de formation ont pris diverses mesures en vue d'élaborer et d'appliquer un certain nombre de programmes visant à améliorer le niveau de la formation de base des travailleurs en mer en égard aux situations d'urgence et à la survie. De même, des programmes de spécialisation ont été élaborés à l'intention du personnel cadre des installations mobiles de forage offshore (MODU). Le 24 septembre 1984, la Commission royale a parrainé un séminaire afin de mettre à jour sa base de données sur les programmes de formation offerts aux travailleurs offshore; des représentants de l'industrie, du gouvernement et des établissements de formation ont participé à ce séminaire.

Tous se sont entendus sur la nécessité d'offrir aux travailleurs des cours de base en matière d'opérations d'urgence et de survie pour les préparer à faire face aux situations d'urgence qui peuvent se présenter à bord d'une installation mobile de forage offshore ou à son abandon éventuel. Cependant, la durée de cette formation et le moment où il convient de l'offrir ont fait l'objet de nombreuses discussions. Les exploitants et l'Association pétrolière du Canada (APC) croient fermement que cette formation de base ne doit pas devenir un préalable à l'emploi en mer étant donné que l'industrie s'est engagée à former tous les travailleurs offshore à tour de rôle et que 90 pour cent d'entre eux ont déjà suivi les cours prévus. L'APGTC a appuyé la suggestion de l'APC, mais a signalé que le problème de la durée de la formation offerte au personnel de service et aux travailleurs qui se rendent en mer pour une courte période n'a pas été réglée. Tous se sont dits d'accord sur la nécessité de reprendre la formation de base en opérations d'urgence et de survie tous les deux ou trois ans.

L'industrie cherche à établir une norme nationale relativement à la formation en matière d'opérations d'urgence et de survie par l'entremise du *Petroleum Industry Training Service* (PITS), lequel fournira les attestations nécessaires. L'APGTC appuie l'idée d'une norme nationale qui faciliterait les déplacements des travailleurs canadiens à l'intérieur de l'industrie pétrolière canadienne, mais n'a pas encore pris de décision quant au rôle qu'elle entend jouer dans le cadre du processus d'attestation. L'APGTC a souligné la nécessité d'une meilleure formation en matière de contrôle des éruptions, vu les problèmes récents survenus à bord des installations *Vinland* et *Zapata Scotian*.

L'industrie et les organismes de réglementation ne s'entendent pas quant au niveau de la formation que les travailleurs en mer devraient recevoir en matière d'opérations d'urgence. L'industrie préconise la formation de spécialistes capables de lutter contre les incendies, de contrôler les éruptions et de donner des soins au besoin. L'APGTC et la Garde côtière canadienne semblent d'accord avec l'industrie, mais la Newfoundland and Labrador Petroleum Directorate souhaite que tous les travailleurs offshore reçoivent une formation plus poussée dans certains domaines.

L'industrie a indiqué qu'il faudra peut-être modifier le contenu des cours de perfectionnement de façon à dépasser le niveau de la formation de base et celui de la spécialisation. Le Comité d'accréditation du PITS étudie actuellement la question.

Un pilote d'hélicoptère a suggéré d'obliger les équipages d'aéronefs survolant la mer à suivre en cours de survie et d'établir les mesures à prendre en cas d'urgence à bord des installations offshore lorsque les hélicoptères ne peuvent s'y

rendre. Les représentants des établissements de formation ont révélé qu'un cours d'abandon d'aéronef en mer (HUET) sera bientôt offert aux équipages. Les opérateurs ont suggéré que le PITS étudie les besoins en formation des préposés aux hélisurfaces afin d'établir leur niveau actuel de formation et d'établir des normes. Selon un pilote d'hélicoptère, les équipages des aéronefs ne possèdent pas la formation requise en techniques de recherche, et les installations et services de recherche et sauvetage de l'industrie pourraient venir en aide aux autres industries et au public en général. Les organismes de réglementation ont tous indiqué que les entrepreneurs en services d'hélicoptères sont entièrement libres d'aider ou non le public en matière de recherche et de sauvetage.

Les exploitants disent avoir atteint un niveau acceptable d'autosuffisance en sauvetage compte tenu des ressources en recherches et sauvetage (SAR) auxquelles ils ont accès. Des compagnies privées s'affairent à mettre au point des cours de recherches et sauvetage et le gouvernement a offert son aide en vue de former des civils en la matière. Un représentant du gouvernement de Terre-Neuve a prétendu que les services aériens de sauvetage actuellement disponibles ne sont pas suffisants en regard des opérations offshore et que d'ici à ce que les gouvernements apportent des ressources supplémentaires, c'est à l'industrie qu'il revient d'offrir les services nécessaires.

En réponse aux inquiétudes exprimées par les capitaines des bâtiments de service et de soutien en ce qui a trait aux opérations d'urgence et au sauvetage, l'Association pétrolière du Canada a organisé, par l'entremise du PITS, un débat sur la gestion des situations d'urgence, destiné aux officiers supérieurs de marine. Les représentants des établissements de formation ont indiqué que le mode actuel de sélection des équipages d'embarcations rapides de sauvetage pose un problème en ce sens que c'est le capitaine du bâtiment de soutien qui choisit les membres de ces équipages. On pense que la participation des capitaines à un cours sur les embarcations rapides de sauvetage pourrait améliorer le processus de sélection des équipages, en plus de leur faire mieux comprendre les exigences opérationnelles liées à ces embarcations. D'après un représentant d'un établissement de formation, les cours sur les embarcations rapides de sauvetage devraient insister davantage sur le transport des victimes à bord du bâtiment de soutien plutôt que sur la récupération des embarcations de sauvetage. Un autre souhaite une approche globale, portant notamment sur les responsabilités du capitaine et du second quant à la manoeuvre du bâtiment de soutien en vue de récupérer l'embarcation rapide de sauvetage et ses occupants. Un représentant du PITS s'est dit d'avis que les exercices en mer constituent la meilleure façon de procéder à cet égard. Le cours sur les embarcations rapides de sauvetage a été préparé en consultation avec la Garde côtière canadienne et d'autres organismes gouvernementaux, mais c'est le PITS qui décerne les certificats appropriés.

Tous se sont entendus pour dire que les capitaines des MODU devaient posséder une certaine connaissance du forage et que les chefs de chantier de forage devaient pour leur part posséder une certaine connaissance des choses de la mer. Les exploitants et les entrepreneurs en forage ont soutenu que les décisions à prendre en cas d'urgence devaient être le résultat de consultations entre le capitaine et le chef du chantier de forage. Les représentants de l'APGTC et de la Garde côtière ont indiqué qu'à bord d'une semi-submersible, c'est toujours le capitaine qui a le dernier mot.

L'Association pétrolière du Canada a dit souhaiter vivement que le processus d'accréditation dans le domaine du forage demeure confié à l'industrie qui pos-

sède tous les experts voulus, et a indiqué que seuls certains postes des secteurs de la marine et du forage devraient faire l'objet d'une accréditation. Les exploitants croient que la formation des opérateurs de positionnement dynamique ne devrait pas faire l'objet de règlements, étant donné le petit nombre de ces opérateurs dans le monde. Les exploitants et les entrepreneurs en forage ont proposé un cours à l'intention des opérateurs des commandes des ballasts et ce cours fait actuellement l'objet d'une étude par un comité composé de représentants de l'industrie et du gouvernement. La Garde côtière pourra attester le contenu du cours et les organismes qui l'offriront.

Les établissements de formation se sont dits d'avis que les mécanismes officieux de rétroaction actuellement en place pour informer les concepteurs et les manufacturiers sur le rendement du matériel en cours de formation sont adéquats.

Les établissements de formation ont déploré l'absence de mécanismes pouvant leur permettre de participer à l'identification des besoins en formation et à l'élaboration des programmes de formation. Le PITS a soutenu que l'industrie était responsable de l'élaboration de programmes de formation fondés sur son évaluation des besoins en formation, mais qu'il pouvait demander l'avis des organismes gouvernementaux et des établissements de formation. L'Association pétrolière du Canada croit que les normes sur la formation en matière de sécurité relèvent du gouvernement mais que la formation professionnelle est du ressort de l'industrie. Il semble que le établissements de formation ne reçoivent pas suffisamment d'information au sujet d'expériences vécues, comme l'abandon d'installations mobiles de forage offshore; l'industrie a semblé au courant du problème et a dit avoir l'intention d'y remédier.

Tous ont semblé s'entendre sur le fait que la principale lacune en matière de formation est le peu de temps alloué par les organismes de réglementation pour l'élaboration, l'organisation et l'application de programmes de formation. Les entrepreneurs en forage ont dit que l'industrie n'avait pas suffisamment fait connaître toutes les améliorations importantes qu'elle a apportées à la formation des travailleurs en mer. Les exploitants considèrent que la prochaine étape en matière de formation sera de parfaire les programmes existants, comme les cours sur les embarcations rapides de sauvetage.

6

SANTÉ

SANTÉ

SANTÉ ET SÉCURITÉ AU TRAVAIL

La santé au travail
Center for Offshore & Remote Medicine (MEDICOR),
Saint-Jean, Terre-Neuve,
février 1984

Les aspects juridictionnels et légaux de la santé et de la sécurité en mer sont à l'heure actuelle plus complexes au Canada qu'ils ne le sont aux États-Unis, au Royaume-Uni ou en Norvège. En vertu de lois et de décrets royaux, la Norvège a élaboré toute une série de règlements touchant presque tous les aspects de la santé et de la sécurité, mettant en cause bon nombre de ministères et de grands services gouvernementaux. En vertu de ces règlements, on est autorisé à inspecter les installations sans préavis; en outre les inspecteurs ont priorité pour l'utilisation des services d'hélicoptères de l'exploitant.

Aux États-Unis, un certain nombre d'organismes gouvernementaux échangent avec l'industrie pétrolière offshore, mais la responsabilité relativement à la santé et à la sécurité incombe généralement à l'exploitant. Cela s'applique particulièrement aux études, à la formation et à l'attestation du personnel affecté à la santé et à la sécurité. Dans l'industrie pétrolière, il n'existe ni norme ni ligne directrice universelle concernant les études et la formation du personnel chargé de la santé et de la sécurité ou applicable aux soins de santé. Par conséquent, chaque entreprise assure le niveau de soins qu'elle juge pertinent, en faisant appel à ses propres ressources ou à celles d'organismes de santé privés.

Tout comme la Norvège, les États-Unis répartissent la responsabilité des questions de santé et de sécurité entre plus d'une demi-douzaine d'agences fédérales relativement autonomes (malgré certains chevauchements importants). De plus, il existe entre les états des différences dans les codes applicables à la santé et à la sécurité; en outre, il y a parfois conflit entre les règlements des états et les règlements fédéraux. De façon générale, le domaine est beaucoup moins réglementé aux États-Unis qu'il ne l'est en Norvège et au Royaume-Uni.

Au Royaume-Uni, la responsabilité des questions de santé et de sécurité et de bien-être repose sur les exploitants. Le gouvernement applique des lignes directrices plutôt que des règlements détaillés; en outre l'inspection des plates-formes et des installations se fait à des moments qui conviennent à l'entreprise. Il n'est pas nécessaire d'autoriser les professionnels de la santé qui travaillent en mer; leur formation et leur qualification sont la responsabilité de l'industrie. La *United Kingdom Offshore Operators Association* (UKOOA) a établi des normes applicables à la santé et à la sécurité supérieures à celles qui ont été proposées par le gouvernement. Le *Department of Energy* est le principal organisme de réglementation.

Au Canada, les exigences de réglementation existent tant à l'échelon fédéral qu'à l'échelon provincial. La mise en application des règlements portant sur la

sante et la securite est entravee par le fait que bon nombre des navires qui participent aux operations offshore sont immatricules à l'etranger et que les normes relatives aux soins de santé, à l'entraînement du personnel, à l'equipement et aux fournitures reposent sur les règlements du pays d'immatriculation. L'attestation de toutes les MODU conformément à une norme canadienne minimale améliorerait grandement la planification d'urgence et faciliterait l'application des soins de santé. Il faudrait des lois aux deux échelons de gouvernement pour faire respecter la norme canadienne minimale; d'un autre côté, on pourrait assurer le respect de la norme avec le système actuel d'attestation, le directeur médical de l'exploitant devant assumer l'entière responsabilité du respect des règlements sur la santé et la sécurité pour tous les travailleurs de la plate-forme, y compris le personnel des entrepreneurs et des sous-traitants.

L'apparition de l'Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada (APGTC) à titre de principal organisme fédéral de réglementation pourrait avoir l'avantage de centraliser les efforts, pourvu que l'on parvienne à résoudre les ambiguïtés et les problèmes de chevauchement des responsabilités avec d'autres organismes fédéraux. À cette fin, l'APGTC a entrepris des consultations avec les provinces et avec le ministère fédéral de la Santé et du Bien-être.

A Terre-Neuve, les questions de santé et de sécurité au travail sont en général placées sous la juridiction du ministère du Travail et de la Main-d'oeuvre (de la santé et de la sécurité), du ministère de la Santé et de la Commission des accidents du travail. La Direction générale du pétrole de Terre-Neuve et du Labrador assume la responsabilité de la santé et de la sécurité en mer. En Nouvelle-Écosse, l'application des mesures de contrôle et la formulation de règlements est l'affaire du gouvernement fédéral alors que la Commission des accidents du travail effectue au nom du gouvernement fédéral des inspections portant sur les questions de santé et de sécurité et assure la formation relative à la prévention des accidents pour l'industrie offshore et d'autres industries.

Bien que l'enregistrement et l'attestation des professionnels de la santé soient pratique courante, il s'agit d'une forme de contrôle qui se trouve limitée par la juridiction offshore. Les médecins et les infirmiers et infirmières qui travaillent au-delà de la limite des douze milles ne sont pas protégés par les polices d'assurance contre les fautes professionnelles de leurs organisations professionnelles respectives. Ils doivent obtenir cette protection en souscrivant à des régimes privés parce que, s'ils prodiguent des soins sur une installation immatriculée à l'étranger, ils peuvent être poursuivis pour négligence d'après les lois du pays d'immatriculation. Les infirmiers et infirmières et le personnel médical non autorisés, comme le personnel des Forces armées canadiennes possédant la classification QM 6B ne sont pas admissibles à l'enregistrement ou à l'attestation conformément aux lois provinciales en vigueur. C'est pourquoi, il faudrait rationaliser l'enregistrement et l'attestation du personnel de la santé travaillant en mer. La reconnaissance des qualifications du personnel médical QM 6B des FC à la retraite pose des difficultés pratiques.

Dans l'industrie pétrolière canadienne, les rôles des médecins sur le plan de la haute direction sont limités comparativement à ceux que l'on accorde à leurs collègues en Norvège et au Royaume-Uni. Le personnel médical d'une plate-forme est responsable sur le plan administratif auprès du directeur de la plate-forme; sur le plan médical, il peut également être comptable aux médecins de deux entreprises distinctes, l'exploitant et l'entrepreneur. Il faudrait des lignes directrices pour définir le rôle du médecin au sein de l'entreprise de même que les rapports qui doivent exister entre le personnel médical et les médecins. Le directeur médical de l'exploitant devrait avoir l'ultime responsabilité pour toutes les questions touchant les soins de santé dans un programme de forage en mer.

Pour assurer l'uniformité des soins de santé et l'existence de structures de

réglementation claires, les organismes des gouvernements fédéral et provinciaux doivent coordonner leur approche respective. Il n'y a eu jusqu'à récemment que bien peu de communication entre les médecins du gouvernement et ceux de l'industrie. Au fur et à mesure que se forment des spécialistes de la médecine en mer, cette lacune devrait être corrigée et on devrait voir la mise sur pied d'un système amélioré de soins de santé en mer.

■ *L'EXAMEN MÉDICAL PRÉALABLE À L'EMPLOI* L'examen médical préalable à l'embauchage devrait permettre de déterminer si un travailleur peut, sur le plan médical, effectuer son travail de façon satisfaisante et réagir de façon satisfaisante en situation d'urgence sans constituer un danger pour lui-même ou ses camarades de travail, en prenant en considération sa capacité à s'adapter à un milieu rude, aux longues heures de travail, au stress psychologique et à l'incertitude quant à l'organisation d'une évacuation médicale ou même à la présence de personnel médical provenant du continent. Un médecin qui connaît bien les exigences que l'on impose aux travailleurs en mer, devrait faire les examens préalables à l'embauchage avant que le travailleur ne reçoive sa formation en mer, étant donné que certaines parties de cette formation sont vraiment sources de stress.

Au Royaume-Uni, l'industrie (l'UKOOA) a élaboré des lignes directrices concernant les normes médicales de capacité physique pour les travailleurs en mer. En Norvège, la loi prévoit des critères détaillés à satisfaire avant l'embauchage sur une installation fixe. L'évaluation médicale des travailleurs des MODU est cependant régie par des règlements moins sévères. Il y a également un mécanisme par lequel un travailleur peut interjeter appel suite à la décision du médecin concernant sa capacité sur le plan médical. Au Canada, les examens médicaux préalables à l'emploi ne sont pas uniformisés. Chaque exploitant et chaque entrepreneur élabore ses propres critères; ceux-ci peuvent varier de façon significative d'une entreprise à l'autre. Les organismes de réglementation devraient être chargés de l'élaboration de critères minimums acceptables, pour tous les travailleurs en mer, qui définiraient les cas interdisant l'embauchage mais laisseraient place au jugement du médecin.

En mer du Nord tout comme au Canada, on s'entend de plus en plus sur la nécessité d'élaborer une série de lignes directrices communes concernant les questions régionales et nationales. Ces lignes directrices faciliteront l'implantation d'une norme internationale sur l'état de santé, applicable à toute l'industrie. Bien que l'on ait discuté de la possibilité de créer un passeport médical, en particulier en Norvège, l'idée n'a pas reçu beaucoup d'appuis.

Les examens médicaux devraient être menés avec de plus en plus de régularité une fois que les travailleurs ont atteint 40 ans; il faudrait en outre des examens spéciaux pour les travailleurs qui font partie de certaines catégories comme ceux qui font de la plongée.

■ *LA MAIN-D'ŒUVRE EN MER ET LE MILIEU DE TRAVAIL* La main d'oeuvre que l'on retrouve au large de la côte est du Canada se compose principalement de jeunes hommes célibataires ou séparés, qui ont fait des études post-secondaires. Ces personnes courent un certain nombre de dangers relativement à la santé, certains étant vraiment spécifiques, d'autres étant communs aux milieux de travail en industrie. Étant donné qu'une unité de forage fonctionne 24 heures par jour, les travailleurs se trouvent exposés au bruit de façon continue. Le bruit peut constituer une menace pour la sécurité, parce qu'il empêche les travailleurs d'entendre les instructions d'exploitation, ou peut les agacer ou leur faire perdre leur attention, ce qui peut entraîner un nombre plus élevé d'accidents. Le travailleur qui est exposé de façon excessive à des niveaux élevés de bruits risque d'être atteint de surdité industrielle. Le gaz sulphurique constitue une menace importante pour la santé et les boues de forage peuvent être cause d'irritation de la peau et des yeux.

Bien que l'on ait signalé des troubles psychiatriques importants et des névro-

ses graves chez la main-d'oeuvre offshore de la côte est du Canada, il n'y a pas de données fiables qui permettent de déterminer si l'incidence est plus élevée chez les travailleurs en mer que chez des groupes comparables de personnes qui travaillent dans un milieu conventionnel. L'instabilité ou la réaction excessive au stress est une question de santé et de sécurité. On s'attend à ce qu'une personne qui a de la difficulté à faire face au stress dans la vie de tous les jours, ne soit pas capable de faire face à un stress accru et constitue par le fait même un risque en raison de la diminution de son efficacité. Comme c'est le cas en mer du Nord, l'alcoolisme constitue le trouble psychiatrique le plus important chez les travailleurs au large de la côte est du Canada. Les données sur les effets des troubles du sommeil ne permettent pas de tirer des conclusions.

L'examen médical préalable à l'emploi devrait permettre de déceler les travailleurs qui ont eu des réactions négatives au stress et qui ont souffert de troubles psychiatriques. Il nous faut des données fiables sur les effets négatifs du bruit, de la présence d'hydrocarbures et du stress lié au milieu de travail en mer.

■ *L'INCIDENCE DE LA MALADIE SUR LES OPÉRATIONS PÉTROLIÈRES AU LARGE DE LA CÔTE EST DU CANADA* En raison de la nature de la main-d'oeuvre employée au large de la côte est du Canada et du filtrage assuré par l'examen préalable à l'emploi, le nombre de cas de maladies graves ne risque pas d'être très élevé. La majorité des maladies en mer peuvent être diagnostiquées et traitées par le personnel médical en poste sur la plate-forme sans qu'il soit nécessaire de faire appel à un médecin à terre. Dans le cas des troubles graves moins fréquents, les patients sont dirigés vers les services médicaux sur le continent.

Il est ressorti de l'analyse du journal médical d'une MODU installée au large de la côte est du Canada qu'il y avait quatre fois plus de maladies que d'accidents mais que celles-ci étaient moins graves et ne nécessitaient pas l'évacuation du patient ni la consultation d'un médecin superviseur sur le continent. Les maladies signalées sont en majorité des infections légères des voies respiratoires supérieures, des maux de tête et des irritations superficielles de la peau. Il s'agit de maladies semblables à celles qui sont signalées ailleurs par d'autres exploitants offshore.

■ *LA COLLECTE DE DONNÉES SUR LES ACCIDENTS* Il est essentiel de recueillir des données sur les blessures personnelles afin de déterminer l'état de santé et le comportement des travailleurs en mer face à la sécurité. L'utilisation des données existantes sur les accidents est cependant limitée. On utilise en effet divers critères pour définir ce que sont les blessures graves et les blessures bénignes; en outre, les rapports d'accidents ne sont pas fiables. Les données sur les accidents peuvent se révéler non fiables dès lorsqu'existe sur la plate-forme un système de primes à la sécurité. En connaissant les limites des méthodes de collecte des données, il nous faudrait rassembler des statistiques qui nous permettent de déterminer l'incidence et également la cause de tous les accidents en mer.

Les accidents ne résultent pas seulement de problèmes liés à l'équipement et aux installations mais s'expliquent également par les caractéristiques des travailleurs, soit le manque d'expérience, la connaissance insuffisante des méthodes de travail, l'insouciance, la maladresse ou les manquements au port des vêtements de protection. L'équipe de travail doit coordonner ses efforts pour la plupart des opérations des unités de forage. Elle peut être composée d'individus qui possèdent des niveaux de compétence et d'expérience fort différents; ainsi, les accidents peuvent se produire lorsqu'il y a absence de coordination au sein de l'équipe. En dernière analyse, l'employé doit être encouragé à assumer la responsabilité de sa propre sécurité.

De nombreuses études ont été faites sur le rapport qui pouvait exister entre le travail par rotation et les accidents, mais on n'a pu tirer de conclusion valable. Environ 20 pour cent de la main-d'œuvre est incapable de tolérer la rotation des

équipes de travail mais ces individus s'élimineront d'eux-mêmes. Le nombre des accidents est beaucoup plus élevé chez les nouveaux employés. Pour certaines opérations en mer, la rotation se fait pour toute la main-d'oeuvre, ce qui implique une mobilité ascendante dans l'organisation; il s'ensuit une nouvelle période d'apprentissage et, par voie de conséquence, une nouvelle période de vulnérabilité face aux accidents.

L'analyse des données sur les accidents qui se produisent sur les unités de forage au large du Labrador et de Terre-Neuve nous a permis de constater que les accidents bénins sont douze fois plus fréquents que les accidents graves. Il s'agit le plus souvent de coups reçus aux mains et aux poignets qui occasionnent des blessures. Les accidents graves se produisent chez les manoeuvres, les ouvriers sondeurs et les maîtres-sondeurs; ce sont le plus souvent des contusions. Ces conclusions sont en accord avec celles de rapports provenant d'autres administrations.

Il nous faut un profil plus détaillé de la santé des travailleurs en mer; il faudrait à cet effet mettre sur pied un système adéquat de collecte des données, qui nous permettrait de faire des comparaisons significatives avec les données valables pour les opérations pétrolières offshore effectuées à l'étranger et avec celles d'autres industries canadiennes.

■ *LES SOINS DE SANTÉ EN MER* Bien que les médecins et le personnel médical en général aient tous leur préférence, il faudrait normaliser l'équipement médical et les fournitures de l'infirmerie d'une MODU, afin de faciliter la planification d'urgence. Il faudrait indiquer clairement sur l'équipement qu'il est réservé à l'usage du médecin, de l'aide médical ou de l'équipe médicale d'urgence. Les organismes de réglementation devraient élaborer des normes minimales applicables à l'équipement et aux fournitures qui devraient se trouver à bord de toute unité autorisée à faire de l'exploitation au large de la côte est du Canada. Cette norme devrait se fonder sur le nombre et le type des blessures que l'on peut raisonnablement prévoir, bien qu'il soit difficile d'évaluer ce nombre.

Il faudra consulter le personnel médical pour préciser quel doit être l'équipement que l'on doit retrouver sur les plates-formes de forage et déterminer comment on doit aménager les services médicaux sur ces dernières. La sécurité et l'efficacité des appareils à radiographier utilisés en mer dépendent grandement de la formation qu'a reçue le personnel qui doit s'en servir; en outre, il n'y a pas consensus à l'heure actuelle quant à la nécessité de posséder ces appareils. On pourrait prévoir un électrocardiographe et un défibrillateur si l'aide médical sait les utiliser.

Les principaux facteurs qui ont une incidence sur la survie des naufragés à bord de radeaux de sauvetage sont les blessures subies au cours de l'abandon, les traumatismes, l'hypothermie, la soif, le mal de mer, l'épuisement et la faim de même que la perte du moral, de façon générale. Il faut moderniser les exigences actuelles de la Garde côtière canadienne relativement aux fournitures médicales et à l'équipement qui doit se trouver dans les embarcations de sauvetage. Il faudrait ajouter un médicament destiné à prévenir le mal de mer. En outre, les doses de médicaments devraient être exprimées en milligrammes plutôt qu'en grains. Les rations d'eau et de nourriture prévues à l'heure actuelle semblent satisfaisantes. Il faudrait améliorer les vêtements de survie.

■ *LES FONCTIONS, LES QUALIFICATIONS ET LA FORMATION* On peut engager sur la plate-forme un aide médical qui tient lieu de médecin ou qui sera le prolongement du médecin de l'entreprise, qui exerce à terre. Ses fonctions vont de la simple consultation à la prise en charge de nombreux blessés. Dans certaines circonstances, il arrive qu'un patient nécessite des soins pendant une période prolongée. En cas d'urgence, l'aide médical devrait être secondé d'une équipe compétente capable de donner tous les premiers soins.

L'aide médical doit posséder toute une gamme de connaissances et de compétences. Par exemple:

- connaissances élémentaires en anatomie, en physiologie, en pharmacologie et en pathologie;
- aptitude à constituer un dossier médical et à faire l'examen physique de tous les systèmes anatomiques;
- aptitude à diagnostiquer les problèmes et à communiquer ses conclusions au médecin d'une manière rationnelle, axée sur les problèmes en cause;
- connaissance pratique étendue de la pharmacologie;
- capacité de réanimation de travailleurs grièvement blessés ou gravement malades, y compris réanimation cardiaque, le déblocage des voies respiratoires, le traitement des hémorragies et des chocs;
- bonne compréhension de la pathophysiologie de la noyade et de l'hypothermie et aptitude à les traiter;
- compréhension des notions de santé publique et de médecine du travail et de contrôle des maladies infectieuses;
- habiletés chirurgicales;
- communications entre l'équipe de plongée et un médecin qui se trouve à terre et capacité de conseiller le superviseur de l'opération de plongée de façon intelligente;
- aptitudes en counselling et connaissances en psychiatrie.

L'aide médical peut se voir attribuer d'autres fonctions, celles-ci ne doivent toutefois pas nuire à ses fonctions médicales. En raison de la structure organisationnelle de l'entreprise et celle des entrepreneurs, il est bien possible que surgissent des conflits en matière de responsabilité.

Le caractère de confidentialité de la relation qui existe entre le médecin et son patient se retrouve dans la relation qui existe entre l'aide médical et le patient; il peut être à l'origine de conflits pour l'aide médical, celui-ci étant un employé de l'entrepreneur chargé du forage. Ces tiraillements peuvent se trouver exacerbés par sa double relation hiérarchique, à savoir face au chef de chantier ou au capitaine pour les questions administratives et face au médecin superviseur, pour les questions médicales et professionnelles.

La violation du secret professionnel rattaché au dossier médical devrait être empêchée par l'attribution d'une cote de confidentialité. Si un employé révèle un problème médical qui amène l'aide médical à douter de la capacité physique de l'employé à effectuer son travail ou qui implique un danger pour l'employé lui-même ou ses camarades, il est du devoir de l'aide médical de conseiller à l'employé de démissionner. Si l'employé refuse de démissionner, l'aide médical doit alors signaler le cas à l'employeur qui peut renvoyer l'employé. Il faut évidemment faire preuve d'un jugement sûr, qui s'acquiert grâce à l'expérience, pour résoudre les problèmes que pose la distinction entre les responsabilités administratives et professionnelles. Ce besoin de maturité dans le jugement, de même que les exigences techniques d'une vaste expérience dans la façon d'aborder les problèmes médicaux, peuvent rendre le médecin nouvellement reçu moins apte à occuper le poste d'aide médical sur une plate-forme que des infirmiers ou infirmières expérimenté(e)s ou d'anciens aides médicaux de classe QM 6B.

Les qualifications du personnel médical affecté aux plates-formes peuvent différer dans les diverses parties du monde. Aux États-Unis, elles varient d'une entreprise à l'autre. Les personnes que l'on engage le plus souvent sont les anciens aides médicaux militaires (les sauveteurs paramédicaux), les techniciens médicaux d'urgence (qui auront suivi des programmes de formation de durées diverses, pouvant aller jusqu'à deux ans) et des personnes aptes à dispenser les

premiers soins. Étant donné qu'aux États-Unis les unités de forage sont plus près des côtes et qu'il y a un service régulier de transport par hélicoptère, nous estimons que ces qualifications sont adéquates.

Au Royaume-Uni, la loi prévoit que seuls les anciens militaires, les aides médicaux indépendants de catégorie I et les infirmiers ou infirmières autorisé(e)s puissent être engagés comme aides médicaux en mer. À l'heure actuelle, au Canada, les militaires canadiens à la retraite qui possédaient la qualification QM 6A ou QM 6B d'aide médical, les infirmiers et infirmières autorisé(e)s, les techniciens militaires et les techniciens médicaux d'urgence à la retraite des Forces armées des États-Unis, peuvent être engagés comme aides médicaux sur les unités de forage en mer. Les règlements fédéraux et provinciaux autorisent une personne détenant un certificat provincial de premiers soins à s'engager comme aide médical.[1] Cependant, il y a également une ligne directrice du gouvernement fédéral qui précise que l'aide médical doit pouvoir exercer un certain nombre de fonctions qui dépassent les compétences d'une telle personne. Ces divergences entre les lignes directrices et les règlements officiels montrent bien la nécessité de la participation d'un spécialiste médical à l'élaboration de la réglementation. L'infirmier autorisé et l'ancien QM 6B des Forces canadiennes peuvent très bien être employés comme aide médical sur une plate-forme de forage compte tenu de la formation qu'ils ont reçue. La formation du technicien médical d'urgence ne convient pas pour l'exercice des fonctions exigées de l'aide médical à bord d'une plate-forme offshore. Il faudrait si possible trouver un mécanisme qui permette la reconnaissance professionnelle des anciens militaires qualifiés QM 6B. L'absence d'un tel mécanisme pose des difficultés médico-légales qui ne touchent pas les infirmiers autorisés. Tout le personnel de la santé travaillant en mer, y compris les médecins et les aides médicaux, doivent recevoir une certaine formation avant d'entrer en fonction. On exige du médecin environ 80 heures de formation et de l'aide médical, un cours de six mois. On pourrait réduire la durée de la formation en mettant sur pied un cours «modulaire» qui permettrait de personnaliser la formation selon les besoins de chaque infirmier ou ancien aide médical militaire. On pourrait également prévoir dans certaines maisons d'enseignement des cours d'éducation permanente qui seraient offerts à intervalle régulier, afin de mettre à jour les connaissances auxquelles on ne fait pas souvent appel.

■ *LA FORMATION EN PREMIERS SOINS POUR LES TRAVAILLEURS EN MER* Nous préconisons une formation élémentaire en premiers soins pour tous les travailleurs offshore. Cette formation devrait inclure des cours axés sur la sécurité et faire une plus large place à l'hypothermie et à l'état de quasi-noyade. Il faudrait également prévoir des cours sur la réanimation cardio-pulmonaire et le gaz sulphurique. Étant donné que certaines parties des cours traditionnels de premiers soins peuvent ne pas s'appliquer, les organismes de réglementation devraient en approuver le contenu, surveiller la procédure d'examen et attester la qualité de l'instruction offerte. Afin d'éviter de perdre certaines compétences acquises, les candidats devraient suivre régulièrement des cours de recyclage.

Sur chaque unité de forage, il faudrait qu'une équipe ait reçu une formation avancée en premiers soins pour pouvoir intervenir dans les embarcations de sauvetage lors d'une évacuation, pour aider l'aide médical à répartir et soigner des patients souffrant de blessures multiples et pour accompagner les patients à terre.

L'aide médical devrait tenir des exercices de premiers soins et donner à l'équipe la formation nécessaire sur des sujets comme le transport des patients, la réanimation et l'utilisation de l'équipement de l'infirmerie. Il faudrait tenir à jour un registre des exercices. Il faudrait aussi s'assurer qu'il n'y a pas conflit dans les tâches confiées aux membres de l'équipe avancée de premiers soins en cas d'urgence.

■ *LES COMMUNICATIONS ET LE TRANSPORT* En raison de l'importance vitale des

communications en cas d'urgence médicale, il faut mettre sur pied des systèmes fiables de communication et les soumettre à des essais. Il faudrait pouvoir communiquer avec d'autres parties de la plate-forme et avec des bases se trouvant à terre, à partir de l'infirmerie. En outre, l'infirmerie doit avoir accès à une ligne téléphonique exclusive.

Les premiers résultats d'un projet pilote mené par l'Université Memorial de Terre-Neuve, le ministère fédéral des Communications, la Newfoundland Telephone Company et Mobil Oil, à l'aide des bandes de télécommunication sur 14 et 12 gHz du satellite Anik B, indiquent que les techniques de télémédecine (transmission d'images à balayage lent et d'électrocardiogrammes) peuvent faciliter grandement le travail du médecin qui se trouve à terre, appelé à conseiller l'aide médical. La technologie des satellites peut offrir des solutions de rechange rentables aux systèmes actuels de communication.

Malgré le bruit et les vibrations, le manque d'espace, les effets de l'altitude sur le patient et les contraintes imposées par le mauvais temps, l'évacuation médicale par hélicoptère est préférable à l'évacuation par mer. L'évacuation par hélicoptère nécessite la présence d'une personne auprès du patient, de même qu'une certaine planification afin de pouvoir prendre à bord l'équipement de soutien.

■ *LA PLONGÉE* L'Association canadienne de normalisation (ACNOR) et l'APGTC viennent respectivement de formuler une norme et d'ébaucher le règlement applicable aux techniques modernes de plongée. Cependant, il y a des divergences sur certains points entre la norme et l'ébauche du règlement. Bien qu'il se compare avantageusement à ceux d'autres pays, le projet de règlement de l'APGTC ne traite pas de plongée avec décompression en surface et n'aborde que brièvement la formation des techniciens en réanimation.

Les plans d'urgence de l'entreprise devraient prévoir l'évacuation de plongeurs en saturation en cas d'abandon de la MODU et assurer également que les opérations de sauvetage peuvent être menées pour récupérer une tourelle de plongée accrochée au fond marin.

Les communications nécessaires en plongée sont d'une importance vitale en cas d'urgence. Lorsqu'on doit traiter une victime dans un caisson de compression, il est souhaitable que la personne qui prend les décisions se trouve à l'extérieur du caisson et puisse être en communication directe avec la personne qui se trouve à l'intérieur, pour faire le traitement. La station de plongée doit en outre avoir un lien direct fiable de communication avec le poste qui se trouve à terre, de préférence, par satellite.

Des accidents de plongée se sont produits lorsque cette activité s'est déroulée à partir de navires à positionnement dynamique. Ce mode de plongée devrait constamment faire l'objet d'un examen rigoureux. Il faut poursuivre les travaux de recherche et développement afin d'allonger le temps de survie du plongeur si l'approvisionnement en gaz à la surface devait manquer, particulièrement en plongée profonde.

Le traitement d'un plongeur malade ou blessé peut s'avérer une opération complexe. Il faudra peut-être des jours pour amener un plongeur en saturation à la pression de surface et des heures pour amener un aide au même palier de compression afin qu'il puisse entrer dans le caisson. Tous les plongeurs devraient donc recevoir une formation très poussée en premiers soins, y compris une formation pour les cas d'urgence en plongée. En effet, ni l'aide médical ni le superviseur de la plongée ne peut apporter son aide dans le caisson; les équipes de plongée devraient donc inclure des plongeurs qui ont reçu la formation qui leur permettra de donner des soins immédiats.

En cas d'accident de plongée en mer, il faut placer le plongeur dans le caisson de recompression qui se trouve sur les lieux puis commencer le traitement, en consultation avec les experts médicaux se trouvant à terre. Dans certains cas, le

médecin spécialiste de la plongée pourra se rendre sur les lieux, accompagné peut-être de membres de l'équipe médicale d'intervention d'urgence, apportant avec lui les fournitures et l'équipement de surveillance nécessaires. Si on envisage de transférer la victime dans un caisson de compression se trouvant à terre, il faudra d'abord que son état soit stabilisé; on pourra par la suite assurer l'évacuation par hélicoptère à l'aide d'un caisson de compression transportable.

L'évacuation d'une installation en raison du mauvais temps ou du danger de collision avec un iceberg présente des problèmes pour les plongeurs en saturation. On peut envisager de transférer les plongeurs sur un navire de soutien, à l'aide d'un caisson hyperbare qu'on peut prendre à bord d'un hélicoptère, ou d'un radeau de sauvetage hyperbare. Or, il n'y a ni caisson hyperbare transportable ni canot de sauvetage hyperbare sur la côte est du Canada. Il faut prévoir l'aménagement d'une installation médicale hyperbare adéquate, à Terre-Neuve. Il faut également résoudre les problèmes que pose l'utilisation de ces systèmes seuls ou en combinaison avec d'autres.

Nous préconisons une formation spéciale en médecine hyperbare pour les techniciens médicaux qui pratiquent la plongée, les techniciens en réanimation, les superviseurs de plongée, les aides médicaux et les médecins. Les qualifications des techniciens médicaux de plongée n'étant pas reconnues au Canada, il est possible que se posent des problèmes médico-légaux. Ces qualifications pourraient être reconnues si la formation était assurée conformément au programme de formation des aides paramédicaux d'urgence de l'Association médicale canadienne (AMC).

Les superviseurs de plongée devraient être familiers avec les notions de médecine et de physiologie de la plongée et connaître en outre la procédure de plongée. Les médecins devraient recevoir une formation spéciale leur permettant de déterminer grâce à un examen médical, la capacité d'un individu à plonger; d'autres encore devraient se spécialiser en médecine de la plongée. Les cours à cet effet ne sont pas encore offerts au Canada. On pourrait offrir des cours de recyclage aux spécialistes qui ont déjà reçu la formation.

Au chapitre de la recherche, au nombre des besoins identifiés en médecine et en physiologie de la plongée, mentionnons la mise au point d'un système auxiliaire amélioré d'approvisionnement en gaz pour la plongée en eau profonde, l'étude de la physiologie et de la pathophysiologie de la maladie des caissons, la protection thermique et la toxicité de l'oxygène.

■ *LES RESSOURCES MÉDICALES SUR LE CONTINENT* Les pétrolières et les entrepreneurs de forage en activité au large de la côte est du Canada ont signé des ententes avec des groupes de médecins locaux afin que le personnel médical se trouvant en mer dispose en permanence d'un service de consultation et d'assistance médicale. En cas d'urgence médicale au large de Terre-Neuve, le médecin peut choisir de se rendre sur les lieux ou d'appeler l'équipe d'intervention en cas d'urgence médicale du *General Hospital*. Cette équipe comprend des médecins spécialistes, des infirmières et des techniciens en réanimation. L'équipe apporte alors l'équipement médical spécialisé qui lui permettra de procéder à la réanimation malgré les mauvaises conditions. Elle ramènera le patient à l'hôpital désigné par le chef de l'équipe, compte tenu du genre de soins que le cas nécessite. En Nouvelle-Écosse, on devrait envisager la création officielle d'une équipe d'intervention en cas d'urgence médicale, pour répondre aux urgences en mer et à terre. Il faudrait en outre mettre sur pied une procédure officielle d'évacuation par la voie des airs, pour le champ Venture.

Les médecins des services publics de santé devraient recevoir une formation en soins de santé en mer et participer à toutes les étapes des opérations offshore afin de s'assurer que les intérêts des travailleurs, de l'industrie et du gouvernement sont bien servis grâce à une collaboration entre les ministères fédéraux et

provinciaux.

■ *LA PLANIFICATION EN CAS D'URGENCE* En cas d'urgence, il faut qu'on ait déjà prévu un plan qui permettra de s'assurer que le patient reçoit les meilleurs soins à toutes les étapes, à partir des premiers soins jusqu'à l'éventuel traitement à terre, dans une unité de soins intensifs par exemple. L'exploitant peut faire face à la majorité des problèmes à l'aide de ses propres ressources, mais il doit à l'occasion chercher ailleurs l'aide nécessaire.

Les plans d'urgence ne précisent généralement pas les paliers de responsabilité ni les rapports qui doivent exister entre le personnel médical de plate-forme, les médecins et les administrateurs.

L'APGTC a délégué aux organismes provinciaux la responsabilité des soins de santé en cas d'urgence et a élaboré des normes pour les plans d'urgence présentés par les entreprises, normes qui exigent que soient précisés les rôles des principaux intervenants. La Direction générale du pétrole de Terre-Neuve et du Labrador assure la coordination en cas d'urgence, mais il reste à préciser la nature des relations qui doivent exister avec les autres organismes.

À la suite de rencontres entre des représentants des divers organismes intéressés aux services de santé en cas d'urgence en mer, on s'est entendu sur la procédure générale à suivre. Certaines incertitudes demeurent quant au rôle de certains organismes. Afin de préciser ces rôles et d'assurer la continuité, nous proposons la création d'un comité permanent de liaison auquel on attribuerait toute une gamme de fonctions allant de l'analyse globale de la capacité d'intervention de chaque organisme en cas d'urgence, à l'organisation d'exercices de simulation d'accidents.

[N.D.L.R. Les lignes directrices et procédures de forage de l'Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada (septembre 1984) précisent que les exigences de qualification des aides médicaux des plates-formes sont présentement en révision et que pour le moment, l'exploitant doit présenter une déclaration d'un médecin qualifié attestant qu'il a examiné les compétences de chaque aide médical et qu'il les estime satisfaisantes. Les qualifications ou compétences minimales sont un diplôme d'infirmier et un minimum de deux années d'expérience, avec accent sur les soins intensifs ou les soins d'urgence; ou une formation paramédicale reconnue de niveau collégial, avec trois années d'expérience clinique; ou l'obtention récente de la qualification militaire paramédicale de classe VIB. Les aides médicaux potentiels doivent posséder un certificat valide délivré par un organisme professionnel compétent.]

Résumé du séminaire sur la santé au travail

En février 1984, le *Centre for Offshore Remote Medicine* (MEDICOR) de la faculté de médecine de l'Université Memorial de Terre-Neuve présentait à la Commission royale, un rapport sur la santé et la sécurité au travail. Bien que la Commission royale ne fût pas encore parvenue au stade qui lui aurait permis d'évaluer la contribution de ce rapport, les commissaires ont encouragé la tenue d'un atelier réunissant un certain nombre d'experts invités, pour discuter du contenu du rapport. Les 26 et 27 juin 1984, des représentants de l'industrie, du gouvernement, des organismes de formation et des institutions de santé participaient à cet atelier.

Au début de l'atelier, le Dr A.M. House, directeur de MEDICOR, a précisé certains des problèmes actuels de santé au travail ayant une incidence sur l'organisation et les activités de l'industrie au large de la côte est du Canada. Les liens hiérarchiques, depuis le directeur médical de l'exploitant jusqu'à l'entrepreneur et jusqu'aux navires de soutien et de service, en passant par les entreprises de plongée et autres sous-traitants, doivent être précisés et soigneusement évalués, pour s'assurer que l'exploitant s'acquitte bien de ses responsabilités quant aux services de santé. Par exemple, la pratique qui consiste actuellement à engager du personnel médical pour les plates-formes, par l'intermédiaire de sous-traitants, empêche le directeur médical de l'exploitant, qui détient la responsabilité ultime des services de santé, d'exercer un pouvoir administratif et médical net et efficace sur l'aide médical qui assure les soins de santé sur les lieux, au jour le jour. En outre, certaines catégories d'aides médicaux, par exemple, les anciens QM 6B des Forces armées canadiennes, n'ont pas de statut professionnel parce qu'ils ne détiennent ni autorisation ni attestation délivrée par une association de santé reconnue. Cela a des répercussions graves sur les relations professionnelles qui doivent exister entre le médecin et l'aide médical.

Dans l'ensemble, les participants se sont entendus pour dire que les ressources médicales dont disposent Terre-Neuve et la Nouvelle-Écosse permettent de faire face aux problèmes de santé d'urgence qui surviennent en mer et que les plans d'urgence s'améliorent; il y a lieu toutefois de tenir des exercices régulièrement afin de vérifier l'efficacité de ces plans. Le projet de télémédecine mené à l'Université Memorial a permis de démontrer que le recours à des liens de communication vocale par satellite et à la télévision à balayage lent peut améliorer la qualité du soutien médical offert au personnel médical en mer et améliorer également les communications à des fins générales.

On accorde de plus en plus d'attention aux programmes d'études et de formation destinés aux médecins engagés par contrat et au personnel médical des plates-formes grâce à l'amélioration des communications entre les divers organismes gouvernementaux et le milieu médical, par l'intermédiaire de comités consultatifs. Les récentes tendances dans les pratiques de recrutement de l'industrie montrent bien que l'on accepte la recommandation de l'étude sur la santé au travail, voulant que la qualification d'infirmier ou d'infirmière autorisé(e) soit celle qui convienne le mieux pour le poste d'aide médical sur une plate-forme de forage. On s'est entendu sur le fait que l'expérience de travail de l'infirmier autorisé aurait une incidence sur la durée et le genre de formation additionnelle qu'il faudrait pour pouvoir exercer avec compétence les fonctions d'aide médical à bord. On a également été d'accord pour dire qu'outre leur formation dans les techniques de pointe en assistance cardio-respiratoire et en réanimation suite à un traumatisme et leurs connaissances du milieu de travail en mer et des tâches de l'emploi, les médecins de première ligne qui dispensent des services médicaux à l'industrie offshore devraient posséder une certaine connaissance de la santé au travail et s'y connaî-

tre en médecine d'urgence. En outre, les médecins rattachés à un hôpital et les médecins nouvellement reçus ne conviennent pas pour ce poste.

Autre domaine de consensus: les infirmeries de certaines MODU en exploitation au large de la côte est du Canada ne sont pas aménagées au meilleur endroit pour en faciliter l'accès aux brancardiers ou pouvoir passer facilement à l'hélisurface. Il faudrait que les professionnels de la santé puissent conseiller les concepteurs des plates-formes quant à l'emplacement et à l'aménagement de l'infirmerie.

La discussion a par la suite porté sur le stress psychologique qu'imposent le travail et la vie sur une MODU. Bien que les facteurs de stress en mer aient été l'objet de beaucoup d'attention, ils ne sont pas aussi importants que l'on veut généralement le croire. On a cependant affirmé que plusieurs personnes ayant déjà souffert de troubles psychiatriques importants avaient été embauchées sur des MODU. Il est important de faire un examen préalable à l'emploi afin de déceler les maladies psychiatriques; à cet effet, on a proposé que la formation accordée aux superviseurs mette l'accent sur la nécessité de repérer les personnes qui affichent un comportement anormal, pour la sécurité de ces personnes mêmes et celle de l'équipage, bien que l'on reconnaisse que ce soit là une tâche difficile. On a convenu que les grands troubles psychiatriques devaient constituer un empêchement à l'emploi en mer. On a cité des cas où la mauvaise pré-sélection du personnel d'un sous-traitant avait entraîné des évacuations pour raisons médicales qui auraient pu être évitées.

Bien que l'on ne dispose pas de données complètes sur les accidents pour les opérations au large de la côte est du Canada, on a reconnu que l'analyse des données sur les blessures et la maladie présentée dans l'étude sur la santé au travail, fournissait des renseignements valables pour les professionnels de la santé de l'industrie. Un professionnel de la santé du gouvernement a reconnu que l'absence de données pertinentes sur la santé au travail n'est pas propre à l'industrie de l'exploitation pétrolière offshore, mais qu'elle est caractéristique de la médecine du travail en général. On a été unanime pour dire qu'il fallait des données fiables, présentées de préférence sous une forme qui permettrait la comparaison avec les données sur les accidents recueillies par d'autres administrations. On a supposé que le gouvernement ou un organisme central mettant à contribution toutes les entreprises mettrait sur pied un système normalisé de collecte des données en assurant bien sûr le respect du principe de la confidentialité. Des représentants de l'industrie ont clamé bien haut pour qu'ils acceptent de collaborer pleinement à un projet central de collecte de données, il faudrait qu'on leur démontre que les objectifs du projet sont bien définis et que les données qui en résulteront seront fiables et valides. En se fondant sur l'expérience d'autres projets de collecte de données sur la santé au travail, un représentant du gouvernement a laissé entendre qu'il fallait mettre sur pied un dictionnaire uniforme de professions et recueillir des données sur les situations où on a frôlé l'accident. On a indiqué que pour qu'il soit crédible, le projet de collecte de données devait s'étendre sur deux ou trois ans. Un participant a précisé que le Système d'information de gestion sur les pertes (LOMIS) servait déjà à recueillir les données sur la santé et la sécurité au travail.

Les participants étaient tous d'accord pour attribuer à l'exploitant la responsabilité de la santé et de la sécurité de tout le personnel d'une MODU. Cependant, l'aide médical est soit un employé de l'entrepreneur de forage ou un sous-traitant qui peut rendre compte au médecin de l'entrepreneur ou du sous-traitant plutôt qu'à celui de l'exploitant. Cela a pour effet de créer une situation confuse qui peut

se révéler dangereuse. Il se peut aussi que l'exploitant ne soit pas en mesure de s'acquitter de ses responsabilités quant aux services de santé offerts en mer étant donné qu'ils peuvent ne pas être organisés conformément à sa politique ni offerts par le médecin qui détient le pouvoir d'agir en son nom. En plus d'exiger des entrepreneurs qu'ils respectent les normes établies de santé et de sécurité, l'exploitant doit surveiller de près et vérifier les activités de l'entrepreneur, afin de s'acquitter de façon raisonnable de ses responsabilités quant à la santé et à la sécurité de tout le personnel.

On a également soulevé le fait qu'il y a des problèmes entre le groupe de la direction et celui de l'exploitation, pour la santé et la sécurité au travail, parce que le groupe de la direction définit la politique et la procédure de l'entreprise et surveille également les activités du groupe de l'exploitation. Bien que la structure des directions diffère, il est courant de constater que là où les services de santé et de sécurité ne fonctionnent pas ensemble, la communication et la coordination sont inadéquates. On a donc laissé entendre que ces services devraient idéalement être intégrés. On a en outre parlé du rôle des hygiénistes industriels et des ingénieurs de la sécurité dans les opérations au large des côtes. Un représentant de la sécurité a indiqué qu'il était courant de remplacer le terme «sécurité» par l'expression «gestion du risque» qui consiste à déterminer la méthode la plus efficace et la meilleure pour accomplir une tâche. Les dirigeants d'entreprises devraient s'attacher à repérer et si possible, à éliminer ou à atténuer les risques pour leurs employés en élaborant des normes de conception, de construction, d'exploitation et de formation applicables à toutes les circonstances.

On était d'accord pour dire que l'évacuation par les airs était préférable à l'évacuation par la mer; il faudrait faire plus de recherches en ce sens. On a parlé de l'utilisation par l'industrie d'équipement de sauvetage à la fine pointe de la technologie. On a par la suite longuement comparé les méthodes de réchauffement lent et rapide des victimes d'hypothermie. On n'a pu résoudre le problème, mais on a insisté sur le fait qu'on ne devait pas s'attendre que l'équipage des navires de soutien dispensent des services de médecine mais bien des premiers soins.

7

ÉVACUATION ET SURVIE

ÉVACUATION ET SURVIE

MOYENS D'EVACUATION ET DE SURVIE

Évaluation des moyens d'évacuation et de survie utilisés pendant les opérations de forage d'exploration offshore
Hollobone Hibbert & Associates Ltd.,
Londres, Angleterre,
juin 1984

L'abandon d'une unité de forage semi-submersible peut être rendu necessaire pour diverses raisons: ruptures dues à des défauts de conception, collision, perte de stabilité résultant d'un ballastage ou d'un chargement inadéquats, incendie ou présence de gaz non enflammés par suite d'une éruption. On peut aussi être forcé d'évacuer une plate-forme auto-élévatrice pour les mêmes raisons ou encore par suite d'un défoncement. Les navires de forage sont exposés aux mêmes dangers que les semi-submersibles, mais ils sont ordinairement dotés d'un équipage de marins plus en mesure de faire face aux situations d'urgence en mer que le personnel des autres installations de forage. Les navires de service font face aux mêmes problèmes que tous les autres navires de haute mer, mais ils ont aussi, en plus, des problèmes de stabilité parce qu'ils transbordent en mer une grande partie de leur cargaison. En outre, parce qu'ils se trouvent souvent à proximité des unités de forage et d'autres structures offshore, ils sont plus exposés aux collisions et leur franc-bord, réduit à l'arrière, les prédispose à subir des avaries au milieu de vagues déferlantes. Quant aux hélicoptères, ou bien ils s'écrasent de façon incontrôlée, en laissant peu de chances de survie aux passagers, ou bien ils font un amerrisage forcé de façon plus ou moins contrôlée qui laisse alors aux passagers quelques chances de survie.

■ *CRITÈRES D'ABANDON* Les principaux facteurs qui influent sur l'efficacité des dispositifs d'abandon, au large de la côte est du Canada, sont d'ordre environnemental et mécanique. En s'appuyant sur des données historiques, on a donc établi des critères pour chacun de ces types de facteurs, afin de déterminer les conditions d'utilisation de ces dispositifs d'abandon.

Les fortes tempêtes qui surviennent au large de la côte est du Canada se caractérisent par les conditions suivantes: givrage, vents d'une vitesse maximale de 70 noeuds, houle d'une hauteur maximale de 17 mètres, températures minimales de l'air et de l'eau respectivement de $-20°C$ et de $-1,8°C$ et visibilité de moins d'un kilomètre, jusqu'à 45 pour cent du temps. Les coups de vent peuvent durer 48 heures et les tempêtes, 15 heures. Les dangers peuvent être accrus par de l'huile ou des gaz en combustion et par la présence de gaz non enflammés résultant d'une éruption.

Du point de vue mécanique, la MODU abandonnée peut parfois gîter jusqu'à 40° et la hauteur des ponts peut varier comme suit: cinq mètres, dans le cas des navires de service; sept mètres, dans le cas des navire de forage; trois mètres ou 20 mètres, dans le cas des installations auto-élévatrices, suivant qu'elles sont en route ou installées et 35 mètres ou 15 mètres, dans le cas des semi-submersibles,

suivant qu'elles sont en route ou mises en place pour le forage. Quant aux portes de secours des hélicoptères, elles peuvent se trouver jusqu'à un mètre au-dessus ou au-dessous de la surface de l'eau pendant l'évacuation.

Quand on examine le type ainsi que le nombre et la répartition (sur le plan optimal) des dispositifs d'abandon, on doit présumer que certaines parties de l'unité seront inaccessibles à cause des dommages subis ou de l'angle d'inclinaison. Il faut pouvoir procéder avec succès à l'abandon sans avoir à utiliser deux côtés adjacents d'une semi-submersible ou d'une installation auto-élévatrice, un côté ou la section avant, la section arrière ou le milieu d'un navire de forage, et un côté d'un navire de service ou d'un hélicoptère.

Les dispositifs d'abandon doivent permettre aux rescapés, une fois embarqués, de s'éloigner en toute sécurité et jusqu'à une distance suffisante de l'unité-mère. L'expérience a démontré que plusieurs dispositifs existants ne satisfont pas à cette exigence. Parmi les problèmes les plus courants, il y a le fait que l'embarcation de survie heurte des éléments de structure de l'unité-mère à cause de son angle de lancement ou à cause des vents forts ou de la haute mer. Il y a aussi le mauvais fonctionnement de certaines pièces d'équipement, comme les déclencheurs et les moteurs.

Au Canada, les règlements exigent qu'on puisse loger dans les dispositifs d'abandon, comprenant les embarcations et les radeaux de sauvetage, le double du nombre de personnes occupant l'unité, y compris 10 pour cent de blessés en civière. L'abandon, y compris le rassemblement et la préparation de l'équipement, devrait prendre, au maximum, 20 minutes dans le cas d'une MODU, 30 secondes dans le cas d'un navire de service, à condition qu'on ait procédé sans délai aux préparatifs devant la menace d'un chavirement (sinon il faut prévoir 20 minutes), et trois minutes dans le cas d'un hélicoptère. L'abandon doit pouvoir se faire sans l'aide des sources d'alimentation de l'unité-mère, et le fonctionnement du dispositif doit être simple et fiable et confié à des personnes suffisamment entraînées. Un système de communication doit relier la salle de contrôle de l'unité-mère à chaque poste d'abandon et, s'il y a lieu, à chaque embarcation de sauvetage et à chaque unité réceptrice.

■ *CRITÈRES DE SURVIE* Une fois que l'opération d'abandon du navire ou de l'installation a été menée à bien, c'est la question de la survie qui passe au premier plan. Le danger principal, au large de la côte est du Canada, c'est la novade, qui peut être due à une insuffisance de protection et de flottabilité, aggravée par un manque de contrôle corporel provoqué par des blessures ou, le plus souvent, par le froid. Le froid provoque l'hypothermie, c'est-à-dire un abaissement de la tempéarture profonde du corps, accompagné d'une réduction graduelle des forces. Lorsque la température du corps atteint environ 26 °C, la personne meurt, si elle ne s'est pas déjà noyée. Pour qu'une personne conserve de bonnes chances de survie, sa température profonde ne doit pas descendre au-dessous de 35°C ou, tout au plus, de 33°C. La température de l'eau, qui se situe entre 5°C et − 1,8°C, n'est pas un facteur aussi important que le rapport masse-superficie de la personne, sa quantité de graisse sous-cutanée et son état physique et mental général. Compte tenu du temps de réaction prévisible des navires ou des hélicoptères, le sauvetage devrait se faire en moins de quatre heures. Il faut donc que les vêtements de survie empêchent la température profonde des rescapés de descendre de plus de 0,5°C à l'heure. Parmi les autres effets physiologiques de l'exposition à l'air froid et de l'immersion dans l'eau, il y a le choc dû au froid, les lésions par le froid avec ou sans gel, l'invalidité par le froid, le mal de mer et la perte de liquide organique. Dans certaines situations d'abandon, la suffocation, les lésions cardiaques, les brûlures et les blessures causées par l'accélération excessive peuvent aussi présenter des risques dont on doit tenir compte lors du choix des moyens de survie.

Il existe actuellement cinq principaux moyens d'abandon et de survie: l'évacuation par hélicoptère, le transbordement à sec, les embarcations de sauvetage rigides, les embarcations de sauvetage pneumatiques et les dispositifs individuels d'abandon (vêtements de survie et gilets de sauvetage).

■ *L'ÉVACUATION PAR HÉLICOPTÈRE* L'évacuation par hélicoptère constitue le moyen de première ligne le plus satisfaisant pour l'abandon des MODU et des plates-formes offshore, car elle garde les rescapés au chaud et au sec pendant le transbordement. Certaines conditions doivent, cependant, être réunies pour qu'on puisse y recourir: il faut disposer d'un temps de réaction suffisant (jusqu'à quatre heures), les unités ne doivent pas gîter au-delà des limites acceptables par les hélicoptères, la vitesse du vent doit permettre la mise en route, il ne doit pas y avoir d'incendie ni de gaz dangereux et, enfin, la condition peut-être la plus importante, la visibilité doit être suffisante.

L'efficacité des hélicoptères comme moyens de secours varie selon les appareils utilisés. L'autonomie, la vitesse et la capacité de transport sont toutes des caractéristiques importantes. En ce qui concerne la première et la dernière caractéristique, le meilleur appareil est actuellement le Chinook; c'est peut-être même le seul hélicoptère capable d'effectuer les opérations d'évacuation appropriées, dans les secteurs éloignés au large de la côte est du Canada. Le Chinook peut tolérer un roulis et un tangage très marqués grâce au chevauchement de ses deux rotors, et il peut effectuer l'évacuation d'une MODU en un seul voyage, puisque sa charge utile est d'au moins quatre-vingts personnes. Le Bell 212 peut transporter dix-huit personnes, le Super Puma, vingt-quatre et le Sikorsky S61, quarante-quatre.

Les facteurs environnementaux peuvent influer grandement sur les possibilités de l'hélicoptère. La vitesse du vent peut nuire à la mise en route et un fort vent contraire peut augmenter le temps de déplacement. Pour la plupart des hélicoptères, y compris le Chinook, la mise en route est impossible si le vent souffle en rafales de plus de 50 noeuds; les vents de 70 noeuds, lors des tempêtes, ne sont pas chose rare, au large de la côte est du Canada. On peut tout de même réussir à mettre un hélicoptère en route, dans des conditions normalement excessives, à condition de trouver un abri. Comme deuxième facteur important, il y a la visibilité. Dans certains endroits, certains mois, il arrive que la hauteur des nuages et la visibilité horizontale soient jusqu'à un tiers du temps en deçà des exigences opérationnelles de la plupart des hélicoptères. En mer du Nord, des aéronefs militaires et commerciaux qui exécutent des contrats de recherche et de sauvetage sont dotés d'un équipement permettant aux hélicoptères de voler malgré une visibilité pratiquement nulle. Ce nouvel équipement, avec dispositifs de production d'images infrarouges, constitue une amélioration importante par rapport aux instruments ordinaires ou de vol à vue.

Comme les hélicoptères ne peuvent compléter les opérations d'abandon dans les délais prescrits, on ne peut y recourir que si l'on prévoit assez longtemps à l'avance une situation d'urgence. Si les rescapés sont déjà à la mer à l'arrivée de l'hélicoptère ou s'ils sont à bord d'un navire de service ou d'une embarcation de sauvetage, la méthode normalement employée est le treuillage. Un équipage d'hélicoptère bien entraîné et comprenant un préposé au treuil, peut mettre environ trois minutes à hisser une personne, dans des conditions normales, ou cinq minutes, dans des conditions difficiles. On peut accélérer grandement le repêchage en utilisant un EMPRA (appareil de sauvetage à plusieurs places) ou un filet Bennex. L'entraînement est important, là aussi; une personne ayant perdu du liquide organique peut mourir si elle n'est pas hissée dans la position foetale appropriée.

■ *TRANSBORDEMENT À SEC* Les dispositifs de transbordement à sec permettent aux rescapés de quitter les installations offshore sans toucher la mer. Il existe plusieurs projets de ces dispositifs, mais nombre d'entre eux n'en sont qu'à l'étape

de la conception. Dans certains cas, un prototype a été créé. On n'en troupe encore aucun sur le marché qui soit destiné aux installations offshore. L'un des principaux types de dispositif de transbordement à sec consiste en un pont rigide pouvant relier une installation à un navire de sauvetage. Ce concept semble convenir mieux aux installations fixes qu'aux MODU en raison du poids et de la dimension du pont et parce qu'il nécessite la présence d'un gros navire capable de recevoir les personnes évacuées.

Le deuxième type s'inspire des systèmes de «ravitaillement en mer» employés par plusieurs marines. Un prototype de ce dispositif a été mis au point au Royaume-Uni et commandé pour utilisation à bord d'une plate-forme fixe de production, dans le secteur norvégien. Il consiste en un câble tendu reliant l'installation à un navire de réception. Ce câble est lancé au navire au moyen d'un fusil pneumatique. Il sert à guider les capsules de survie qui sont ensuite envoyées jusqu'au navire de sauvetage et qui peuvent transporter dix-huit personnes. Par rapport aux dispositifs antérieurs de transbordement à sec, celui-ci constitue un progrès à cause du contrôle par ordinateur de la tension et des oscillations du câble et à cause des plates-formes de chargement à balancement qui peuvent décrire un arc de 150 degrés. Ce dispositif comporte aussi les avantages suivants: les rescapés restent au sec, on peut transporter les personnes en civière, la source d'énergie utilisée est celle du navire récepteur, le dispositif est utilisable quel que soit l'état de la mer et même avec une hauteur de pont dépassant 35 mètres, et les rescapés sont automatiquement conduits à une distance suffisante de l'unité-mère et directement en lieu sûr. Tout l'équipement s'installe en 25 minutes environ, et une capsule effectue son parcours en quatre minutes. Il suffirait donc d'une heure, à peu près, pour évacuer une MODU abritant 90 personnes, en supposant que le navire récepteur se trouverait tout près de la MODU lorsqu'on décide de procéder à l'abandon. Même si ce délai d'une heure est plus long que les délais prescrits, il s'avérerait un temps de réaction satisfaisant, dans bien des cas.

Le principal inconvénient lié à ce dispositif, c'est qu'il en coûte cher pour obtenir un navire récepteur spécial équipé de composants électroniques perfectionnés, et pour le garder à proximité de la MODU ou de la structure offshore. Pour cette raison, les dispositifs de transbordement à sec resteront probablement limités aux installations permanentes ou aux MODU groupées. Par ailleurs, une mauvaise visibilité peut aussi constituer un obstacle à l'emploi de ce dispositif; les personnes chargées de lancer le câble doivent être en mesure de voir le navire récepteur sans que ce dernier ne s'approche trop près de l'installation. La mise au point des systèmes de positionnement pourrait contribuer à solutionner ce problème. Le transbordement à sec serait aussi impossible dans les cas où du pétrole est en combustion, bien que cette éventualité ne devrait pas poser de problème, puisque, normalement, il y aurait une station émettrice à chacun des quatre coins d'une plate-forme, d'où le câble pourrait être envoyé. Cette répartition signifie aussi que le dispositif pourrait fonctionner même si l'unité en détresse est fortement inclinée. Comme appréciation globale, on peut dire que les dispositifs de transbordement à sec ont un avenir intéressant comme moyen d'évacuation des installations offshore.

■ *LES EMBARCATIONS RIGIDES DE SURVIE* Les embarcations rigides de survie, quant à elles, dérivent des embarcations classiques de sauvetage placées à bord des navires. Sur les MODU, on retrouve généralement les CSAP (capsules de sauvetage autopropulsées) qui ont soit la forme d'un bateau et peuvent être mises à l'eau au moyen de bossoirs à deux garants soit la forme d'un disque et peuvent être mises à l'eau au moyen de bossoirs à un seul garant. Il en existe aussi un troisième type, dont l'emploi est encore très limité: le canot de sauvetage du type à chute libre, qu'on laisse tomber à la mer. Enfin, on a déjà préparé des plans de construction de plusieurs types d'embarcations de survie à lancement sous-marin.

Les bossoirs à gravité à deux garants installés sur les MODU peuvent être construits suivant le modèle classique que l'on trouve sur les navires ou, plus souvent, avec des arcs-boutants rigides fixés à la structure de l'unité. L'embarcation est abaissée par gravité et sa vitesse est commandée de l'intérieur de la CSAP au moyen d'un frein. Ce type de mécanisme de mise à l'eau peut convenir à n'importe quelle hauteur de pont; il est rapide et d'un fonctionnement simple. Il faut compter de deux à dix minutes pour évacuer 44 personnes dans une embarcation de 50 places. Les vents violents peuvent rendre la mise à l'eau difficile et des essais sur modèles ont démontré qu'une CSAP presque vide pouvait osciller de 4,4 mètres par rapport à la verticale pendant la mise à l'eau avec les bossoirs, à une hauteur de pont de 20 mètres. Une grosse mer peut aussi causer des problèmes en entraînant l'embarcation sous les ponts à colonnes des MODU et en exerçant des pressions très fortes sur sa coque au moment de l'impact de l'entrée dans l'eau. Bien qu'il n'existe aucune donnée quantitative permettant de déterminer la vitesse de vent maximale et la hauteur de houle maximale pouvant être tolérées par une CSAP mise à l'eau au moyen de bossoirs à deux garants, on estime qu'une embarcation, au moment du dégagement, pourrait être repoussée de 12 mètres face à un vent de force 7 ou plus, et qu'elle peut chavirer si elle est poussée par le travers par des vagues déferlantes de plus de 8,1 mètres. Même si la CSAP arrive à l'eau en toute sécurité, elle doit immédiatement s'éloigner de la structure, et l'expérience a démontré que les moteurs ne fonctionnent pas toujours. Il est déjà arrivé que les mécanismes de dégagement et d'actionnement des freins fonctionnent mal à cause du givrage. Il est possible de limiter les ennuis dus au givrage en réchauffant les moteurs et les freins du treuil et en utilisant un acier pour basse température comme matériau constitutif de tous les principaux éléments de structure du dispositif de mise à l'eau, mais ces mesures de précaution n'ont pas été prévues dans les plans de construction des MODU existantes.

Les bossoirs à gravité à un seul garant ont comme avantage d'être dotés d'un mécanisme plus simple: le dégagement se fait à un seul endroit, ce qui réduit les risques de défectuosité. Les CSAP en forme de disque, généralement utilisées avec ce type de mécanisme de mise à l'eau, peuvent prendre n'importe quelle direction après leur immersion dans l'eau: elles ne courent donc pas le même risque que les embarcations en forme de bateau d'être poussées par le travers et de chavirer. Le principal inconvénient du garant unique, c'est qu'il limite moins les mouvements de l'embarcation pendant la descente et, en particulier, son mouvement de rotation. Ce défaut peut entraîner des difficultés au moment de la mise à l'eau et de l'éloignement de la structure-mère.

On a effectué des recherches sur la façon de protéger les CSAP mises à l'eau au moyen de bossoirs classiques à un ou deux garants, contre les effets de la houle et des grands vents. Ces recherches ont abouti à l'invention de la flèche PROD (à orientation et déplacement dirigés). Ce dispositif permet d'écarter l'embarcation de la structure au moment de la mise à l'eau, grâce à un câble spécial tendu et attaché à l'avant de l'embarcation. Celle-ci continue ensuite à se mouvoir par sa propre force et le raccord du câble se dégage automatiquement. La flèche PROD n'est pas encore parfaitement au point, mais elle semble être une modification qui peut améliorer l'efficacité des dispositifs existants.

Certains dispositifs de mise à l'eau à deux garants sont munis de fils de guidage qui relient les bossoirs soit aux pièces submergées, soit à des points situés au fond de la mer, pour stabiliser la CSAP au moment de sa mise à l'eau et pour assurer qu'elle évite les obstacles, quel que soit le comportement de l'unité-mère. Dans plusieurs cas, on a cessé d'utiliser ces fils de guidage parce qu'il était difficile de rattacher la CSAP aux fils après les exercices d'évacuation.

La plupart des CSAP en forme de bateau sont actuellement pourvues d'un appareil de déclenchement sans charge; pour que l'appareil puisse fonctionner, la

charge ne doit pas être supportée par les garants. Mis à l'épreuve, cet appareil ne s'est pas révélé fiable dans une mer agitée. Quant aux CSAP en forme de disque, la plupart sont munies d'un appareil de déclenchement avec charge. Celui-ci fonctionne mieux et est généralement considéré comme étant plus fiable que l'appareil de déclenchement sans charge; cependant, comme il est conçu pour fonctionner avec charge, il s'ensuit qu'on peut actionner le mécanisme de dégagement alors que l'embarcation est encore bien au-dessus de l'eau, ce qui a déjà provoqué des accidents mortels lors d'au moins une tentative d'évacuation.

Depuis 1973, des dispositifs à chute libre ont été produits en Norvège. Deux types principaux ont été considérés: le premier fonctionne par glissement, c'est-à-dire que l'embarcation est lâchée dans une descente ou un glissoir inclinés, tandis que le deuxième est un dispositif à chute libre à la verticale. Les deux dispositifs peuvent mettre à l'eau une embarcation de 13 mètres à 60 places, depuis un pont d'une hauteur de 26 à 39 mètres. Le dispositif à glissement a été installé sur plusieurs navires, tandis que le dispositif à chute verticale a été installé sur une MODU et doit l'être sur une plate-forme de production située en mer du Nord.

L'un des principaux avantages du dispositif à chute libre, c'est que l'énergie cinétique produite par la chute de l'embarcation sert à la pousser à une distance suffisante de la structure. Des essais sur modèles ont démontré qu'en utilisant le pire angle d'impact, avec des vagues de neuf mètres, la CSAP s'écartait du point de chute d'environ deux longueurs de bateau. Le temps de réaction des dispositifs à chute libre est très court; on a déjà réussi à embarquer 69 personnes en moins de trois minutes. L'opération est extrêmement simple et son succès n'est pas lié à la vitesse du vent. On n'a pas fait d'essai dans des vagues de plus de neuf mètres ni dans des conditions de givrage, mais on ne croit pas que ces conditions poseraient de problèmes sérieux.

On est à mettre au point un dispositif de mise à l'eau à la fois à gravité et à chute libre d'après le principe souvent appliqué sur les navires de guerre, selon lequel l'embarcation est descendue jusqu'au-dessus de la crête des vagues, puis lâchée sur une crête. On utilise cette technique pour la mise à l'eau du «Lifescape», capsule destinée à servir de refuge aux rescapés, sur le pont de l'unité-mère, et qui n'est mise à l'eau qu'en dernier ressort. L'embarcation est suspendue dans un bossoir à gravité, amenée à 10 ou 12 mètres de la structure-mère, puis abaissée jusqu'au premier point de contact avec l'eau. Les passagers peuvent ensuite actionner le mécanisme de dégagement pour la faire tomber dans l'eau. Ce dispositif peut être mis à l'eau de n'importe quelle hauteur, et le bilan de ses caractéristiques est positif, selon les résultats des essais effectués. Le fait qu'il soit construit de matériaux rigides lui permet de résister aux vents violents. Cependant, il ne serait peut-être pas approprié avec une gîte de plus de 17° et une houle de plus de 12 mètres et il devrait peut-être subir des modifications pour être utilisable à de très basses températures et avec du givrage. Malgré ces quelques restrictions, le «Lifescape» est prometteur.

On a proposé plusieurs versions avec flèches rigides d'un dispositif semblable à celui qui sert à mettre le «Lifescape» à l'eau, sans la chute libre finale. Les essais sur modèles ont montré que l'une de ces versions pouvait mettre à l'eau une CSAP suffisamment loin de la structure-mère dans des vagues de 17 mètres, mais on la considère peu pratique à cause du poids et du coût de ses composantes.

Une CSAP peut chavirer dans des vagues de plus de huit mètres, mais elle est censée se retourner si les passagers y sont bien attachés et si elle ne subit pas d'avaries. La nouvelle convention SOLAS, qui ne s'applique pas aux MODU, stipule que toute embarcation de sauvetage qui ne se redresse pas automatiquement doit être dotée d'une voie de secours par laquelle puissent monter les occupants pour sortir de l'eau. Cette voie de secours augmente légèrement les chances

de survie des passagers si l'embarcation est envahie par l'eau, à condition, toutefois, que des secours arrivent sans délai. Les CSAP existantes ne sont réchauffées que par la chaleur du moteur, lequel ne serait probablement pas toujours en marche en attendant les secours. Il est donc possible que la température de l'air, dans l'embarcation, soit assez basse pour causer des lésions par le froid avec ou sans gel, ou pour provoquer l'hypothermie chez les passagers, en moins de quatre jours, s'ils ne sont pas protégés par des vêtements isolants. Ce risque est encore plus grand si l'embarcation est partiellement inondée.

Les CSAP sont généralement pourvues de bouteilles d'air à haute pression, d'un système de ventilation, d'un système d'échappement des gaz du moteur, de pare-étincelles et de pulvérisateurs d'eau de mer pouvant couvrir le haut de l'embarcation d'une pellicule d'eau destinée à protéger du feu les passagers. On n'y trouve ordinairement aucun médicament contre le mal de mer ni aucun produit pharmaceutique à employer en cas de perte de liquide organique, bien que ces deux phénomènes puissent être très dangereux pour les rescapés. La conduite d'une CSAP exige une certaine connaissance de la navigation, car il faut que l'embarcation s'éloigne de l'unité-mère en suivant un parcours préétabli. Cette connaissance ne s'acquiert que par des leçons théoriques et pratiques.

Comme moyen de communication, lors des opérations d'abandon, de survie et de sauvetage, on utilise présentement des postes radio VHF portatifs, auxquels s'ajoutent des postes secondaires de secours. L'équipement de localisation d'une CSAP comprend ordinairement un réflecteur radar, une balise de détresse et un feu de position clignotant, mais il ne comprend pas de matière à grand pouvoir réfléchissant ni de transpondeur radar ni de générateur de signaux sonores. Les embarcations existantes ne sont pas munies de câble de halage à déploiement automatique ni d'autres dispositifs pouvant servir à transporter les rescapés des CSAP aux navires de secours, et les blessés en civière ne peuvent être transportés que dans des conditions très favorables. Ces lacunes peuvent facilement être comblées: il suffit de se procurer les produits pharmaceutiques appropriés, des postes radio supplémentaires, des balises de secours reliées à un satellite et des dispositifs de remorquage appropriés. On peut donc dire que les CSAP, pourvues de l'équipement nécessaire, peuvent assurer aux rescapés une protection acceptable, une fois la mise à l'eau réussie.

Les dispositifs submergés de mise à l'eau, qui en sont encore au stade de la conception, sont destinés à libérer l'embarcation de sauvetage sous la surface de l'eau de façon à éviter les problèmes présentés par la largage au-dessus de l'eau. Bien que ces dispositifs comportent des avantages, ils présentent aussi de nouveaux risques. Avec une gîte de plus de 40°, on pourrait avoir de la difficulté à dégager l'embarcation, à cause de certaines particularités de ce type de dispositif. Il faudrait aussi que ce dispositif puisse s'adapter à diverses profondeurs, car le tirant d'eau des unités offshore peut varier de 15 mètres. Le fait, pour des personnes, de passer d'une atmosphère sèche normale à une atmosphère sous-marine pressurisée peut entraîner des complications importantes, surtout en eau profonde. Un autre problème a aussi été rencontré par les concepteurs de ce dispositif: celui du temps de réaction. Dans les semi-submersibles, les embarcations de sauvetage seraient probablement installées sur les flotteurs. La seule façon d'accéder à ces endroits, c'est de se rendre aux colonnes en descendant par les échelles verticales, et il faudrait beaucoup de temps aux utilisateurs pour se rendre de leur poste régulier au poste d'abandon.

■ *LES EMBARCATIONS PNEUMATIQUES* Les embarcations pneumatiques sont généralement considérées comme moyen d'abandon secondaire des MODU et des navires de service (ou même comme moyen tertiaire, s'il y a des hélicoptères), mais aussi comme le moyen de secours principal à bord des hélicoptères. Leur dimension varie beaucoup: certaines n'ont qu'une place, tandis que d'autres peu-

vent recevoir jusqu'à 25 personnes et le double de ce nombre, dans des circonstances extrêmes. Les derniers modèles sont autogonflables, avec dôme intégré.

Les radeaux de sauvetage standard sont conçus pour qu'on y embarque depuis la surface de l'eau: ils ne constituent donc pas un dispositif d'abandon d'unité. Ces radeaux sont difficiles à gonfler à très basse température, ils risquent toujours de chavirer pendant le gonflage et, une fois gonflés, ils ont tendance à aller rapidement à la dérive, poussés par le vent. Les radeaux de sauvetage doivent être visibles par les rescapés, à la surface de l'eau, et cette visibilité peut être très réduite en cas de brouillard épais. Il faut aussi déployer des efforts physiques considérables pour y embarquer. Les radeaux mis à l'eau au moyen de bossoirs sont renforcés et munis d'élingues intégrées qui permettent de les soulever par un point central au sommet du dôme. On peut embarquer dans ces radeaux avant la mise à l'eau, mais à cause de leur légèreté, ils risquent encore davantage que les CSAP à bossoirs de frapper la structure-mère ou de dériver en dessous.

La survie à bord d'un radeau de sauvetage pose de plus graves problèmes qu'à bord d'une CSAP. Lorsque la température de l'air est inférieure à 0°C, les rescapés ont peu de chances de maintenir leur température profonde au-dessus de 35°C pendant plus de quelques heures, à moins d'avoir des vêtements protecteurs. Si on laisse les clapets de ventilation fermés pour conserver la chaleur, l'air devient bientôt dangereusement saturé de CO_2. La navigation en radeau de sauvetage est aussi très propice au mal de mer et les stocks ne contiennent pas toujours de médicaments contre cette affection. L'équipement de communication se limite généralement à de simples postes radio VHF alimentés par pile et, même si les radeaux sont normalement dotés de fusées de signalisation, on n'y trouve pas de générateur de signaux sonores, ni de radiophare ni de transpondeur radar. Pour hisser le personnel à bord des navires de secours, on doit utiliser l'équipement à bord de ces derniers, comme des treuils et des estropes; le succès de cette opération dépend en grande partie des conditions du milieu. Comme moyens de secours complémentaires, les radeaux de sauvetage sont donc utiles, malgré leurs lacunes, lesquelles pourraient être comblées par l'emploi de techniques et de matériel existants.

■ *L'ABANDON INDIVIDUEL* Les dispositifs individuels d'abandon et de survie sont présentement des moyens de secours qu'on utilise en dernier ressort, et il en sera probablement ainsi tant que des améliorations révolutionnaire n'y seront pas apportées. Les vêtements de survie qui accompagnent les gilets de sauvetage peuvent protéger de l'hypothermie pendant quatre heures, dans toutes les eaux de l'est du Canada, à condition d'être portés correctement. Toutefois, on risque fort de se noyer, dans ce laps de temps, à cause des embruns et des vagues déferlantes qu'on reçoit au visage. Les rescapés individuels sont vulnérables aux gaz irrespirables, au mal de mer, aux brûlures et aux pertes de liquide organique. Ils ne disposent pas, non plus, de moyens adéquats de communication, de localisation et de transport en lieu sûr, et les vêtements présentement sur le marché, dans bien des cas, entravent sérieusement les mouvements de ceux qui les portent. À moins que l'unité-mère ne soit suffisamment enfoncée ou inclinée pour qu'une partie du pont atteigne le niveau de la mer, les rescapés individuels doivent se servir de cordages, de barreaux d'échelle ou de descentes pour se rendre à la mer, ce qui comporte de grands risques par mauvais temps.

L'efficacité des vêtements de survie varie beaucoup. Des essais approfondis ont été effectués pour déterminer la capacité de divers types de vêtements de survie de garder le corps à flot et de maintenir sa température profonde au point de survie, mais ces essais ne nous disent pas exactement combien de temps une personne pourrait survivre dans l'eau froide, battue par le vent et les vagues. En général, les vêtements isolants imperméables maintiennent mieux la température profonde; les combinaisons isothermiques et les combinaisons étanches sont moins

efficaces. Lorsque l'eau pénètre dans une combinaison étanche, la chute de la température profonde s'accélère rapidement. Certains vêtements de survie ayant une grande flottabilité interne, obtenue en particulier par emprisonnement d'air, créent des difficultés aux personnes qui tentent de sortir d'une cabine d'hélicoptère partiellement inondée, car ces personnes ne peuvent passer par une écoutille submergée pour descendre dans l'eau. D'autres vêtements de survie laissent le corps couché sur le ventre dans l'eau. Il existe maintenant des vêtements de survie et des gilets de sauvetage qui ne présentent aucun de ces inconvénients, même s'ils auraient encore besoin d'être améliorés.

Parmi les combinaisons de survie disponibles, aucune ne protège contre l'inhalation d'embruns ou d'eau en mer agitée. On a produit un prototype de combinaison susceptible d'assurer cette protection, sur le modèle des vêtements de sauvetage pour sous-marins utilisés par la *British Royal Navy*. Ce vêtement est pourvu d'un masque de plastique qui couvre entièrement le visage et dont le haut est percé de trous permettant de respirer. Il existe aussi quelques très rares modèles auxquels sont incorporés des dispositifs de communication et de repérage et qui permettent aux rescapés de se tenir ensemble.

En hélicoptère, il faut porter des vêtements spéciaux qui ne soient flottants qu'une fois hors de l'appareil et qui soient assez robustes pour être utilisés plusieurs fois par jour. Ces vêtements ne protègent pas de l'hypothermie et de la noyade autant que les combinaisons régulières de survie conçues pour être portées sur les MODU et les navires de service au moment de l'abandon de l'unité. Les vêtements de survie particuliers aux navires de service devraient être portés non seulement lors d'un abandon, mais aussi dans toute situation dangereuse ou lorsqu'on travaille sur le pont par mauvais temps. Les vêtements existants ne peuvent remplir adéquatement cette double fonction.

Il est important de continuer à améliorer les combinaisons de survie, de sorte qu'elles puissent assurer une protection suffisante contre le froid intense, dans l'eau ou hors de l'eau, non seulement en cas d'abandon individuel, mais aussi lors d'opérations de survie où l'on doit passer de longues périodes à bord de CSAP ou de radeaux pneumatiques. Il faudrait aussi confectionner des combinaisons secondaires que l'on rangerait en des points stratégiques sur l'installation, à l'intention du personnel qui n'a pas le temps d'endosser les combinaisons régulières. Comme l'abandon individuel ne se fait qu'en tout dernier ressort, l'amélioration des accessoires utilisés pour ce type d'abandon, sans être inutile, n'est pas jugée aussi importante que celle des dispositifs de transbordement à sec.

8

SAUVETAGE

SAUVETAGE

OPÉRATIONS DE RECHERCHE ET SAUVETAGE

Évaluation de la recherche et du sauvetage pour les opérations de forage d'exploration au large de la côte est
Vice-amiral J.A. Fulton (retraité),
Lieutenant-colonel J.E. Dardier (retraité),
Major H.F. Pullen,
Halifax, Nouvelle-Écosse
novembre 1984

Il peut arriver que l'on doive évacuer ou secourir les personnes qui travaillent en mer sur des unités mobiles de forage offshore (MODU), des navires de service et des hélicoptères. L'évacuation d'une MODU peut avoir été planifiée ou devoir se faire dans un bref délai ou même sans aucun avertissement. Dans chacun des cas, il faudra évacuer de 50 à 100 personnes. Lors d'une évacuation planifiée, on disposera d'un délai de 12 à 18 heures pour procéder à l'évacuation par hélicoptères ou au transfert vers un navire de service. Dans le cas d'une évacuation avec avertissement limité, il faudra le faire en dedans d'une à deux heures, par canot ou radeau de sauvetage. Les personnes qui tombent à l'eau doivent porter des vêtements d'abandon et leur sauvetage doit se faire dans un délai d'au plus six heures si on veut espérer qu'elles survivent. Le sauvetage des personnes qui se trouvent sur les radeaux ou dans les canots de sauvetage peut toutefois être retardé sans danger, jusqu'à ce que les conditions s'améliorent. Dans le cas d'une évacuation immédiate, un grand nombre de personnes peuvent être tombées à l'eau et il se peut que certaines d'entre elles ne portent pas de vêtements ou tenues d'abandon. Ces personnes doivent être secourues dans les 15 à 30 minutes. Comme dans le cas d'une évacuation avec avertissement limité, le sauvetage des personnes qui sont sur des radeaux ou dans des canots de sauvetage peut être retardé sans danger, jusqu'à ce que les conditions s'améliorent.

L'évacuation ou le sauvetage à partir d'un navire de service touche habituellement de 12 à 16 personnes. La plupart seront tout probablement à bord de radeaux ou de canots de sauvetage, quoiqu'il soit possible que certaines soient à l'eau. Ces personnes devraient porter des vêtements d'abandon. Encore une fois, le sauvetage des occupants des radeaux ou des canots de sauvetage peut être retardé sans danger, jusqu'à ce que les conditions s'améliorent.

Le sauvetage des personnes qui se trouvaient à bord d'un hélicoptère qui s'est écrasé est considéré comme étant le plus difficile en termes de délai d'exécution des opérations. Il se peut qu'on doive secourir jusqu'à 20 personnes et bien que certaines puissent, au moment du sauvetage, se trouver sur un radeau, tous les survivants auront séjourné dans l'eau. Il est à prévoir que toutes les personnes seront dans l'eau, mais elles devraient alors porter les tenues d'immersion fournies dans les hélicoptères. Durant les mois d'hiver, les survivants doivent être secourus dans l'heure qui suit si on veut qu'ils aient des chances raisonnables de survivre; il semblerait raisonnable aussi que les hélicoptères disposent de tenues d'immersion qui accordent une protection de trois à quatre heures contre l'hypothermie.

■ *LES RESSOURCES DE RECHERCHE ET DE SAUVETAGE DU GOUVERNEMENT* Le sys-

tème national canadien de recherche et de sauvetage (SAR) relève de plusieurs ministères, mais surtout du ministère de la Défense nationale, qui possède tous les aéronefs SAR spécialisés, et de la Garde côtière canadienne (GCC) du ministère des Transports, qui utilise tous les navires SAR spécialisés. D'autres ministères fournissent des ressources SAR complémentaires et ont des objectifs SAR ministériels qui, même s'ils sont élaborés par un groupe de travail interministériel, n'ont pas tous reçu l'approbation de leurs ministres respectifs. Le système SAR couvre quatre régions de recherche et de sauvetage (SRR) qui ont chacune un centre de coordination du sauvetage (RCC): Victoria, Edmonton, Trenton et Halifax.

Les responsabilités du Canada en matière de recherche et de sauvetage sont déterminées en partie par des ententes internationales et en partie par une décision du Cabinet. L'objectif mentionné dans le programme SAR national est le suivant:

> «Prévenir les pertes de vie et les blessures grâce à des activités d'alerte, d'intervention et d'aide en matière de recherche et de sauvetage qui utilisent les ressources publiques et privées, et en assurant la priorité aux mesures de sécurité aériennes et maritimes axées sur les propriétaires et les exploitants qui sont le plus souvent victimes des incidents SAR».

Cet objectif devrait être davantage élaboré de façon à établir les secteurs de responsabilité et aussi à préciser les endroits où le sauvetage est possible et ceux où l'on peut seulement compter sur la coordination SAR. Ces responsabilités ne devraient pas comprendre les services de renflouage. Il faut en somme que l'on établisse des critères en fonction desquels pourra être mesurée l'efficacité du système. À l'échelle internationale, les secteurs qui relèvent du système SAR national sont dits pour la

> «recherche et le sauvetage aériens . . . comme le mentionnent les ententes de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) . . . et pour la recherche et le sauvetage maritimes, comme il est indiqué dans les ententes de l'Organisation maritime internationale (OMI), ainsi que dans les eaux canadiennes du réseau des Grands Lacs et du Saint-Laurent».

Dans ces secteurs de responsabilité, le système SAR s'applique principalement aux incidents de détresse qui impliquent des navires ou des aéronefs civils, mais il pourra également être utilisé au besoin par les autorités locales pour des cas humanitaires (par exemple, évacuations médicales) et civils (par exemple, recherche de personnes disparues, de petites embarcations perdues dans les eaux intérieures).

Le programme SAR national relève d'un ministre responsable de la recherche et du sauvetage [actuellement le ministre de la Défense nationale (MDN)] appuyé par le Comité interministériel de recherche et de sauvetage (CIRS). Le CIRS est formé de représentants des divers ministères concernés par le programme SAR et son président actuel provient des rangs du MDN. Le CIRS a pour mandat d'amener les ministères qui participent aux opérations SAR à faire converger leur planification; bien que l'on estime que cette forme de gestion devrait être conservée, le secrétariat du CIRS aurait avantage d'être renforcé. La nomination d'un membre du MDN au poste de président constitue une source possible de conflit d'intérêt lorsque vient le temps de demander des fonds pour apporter des améliorations au système SAR. C'est aussi le même type de conflit que présente la nomination du ministre de la Défense nationale ou de celui des Transports au poste de ministre responsable du SAR. Par conséquent, le président du CIRS ne devrait pas relever d'un ministère du réseau SAR, pas plus que le ministre de la

Défense nationale ou le ministre des Transports ne devrait être nommé ministre responsable du SAR.

Chacune des quatre régions de recherche et de sauvetage est dirigée par un commandant (nommé par le MDN), assisté d'officiers d'état-major, qui assure la liaison avec les directeurs régionaux de la Garde côtière et est responsable du fonctionnement du centre de coordination du sauvetage (RCC) dans la région.

Les fonds du programme SAR national proviennent entièrement du gouvernement fédéral. Les demandes de fonds nécessaires au fonctionnement et à la prestation des services SAR actuels, y compris le remplacement des ressources existantes, sont présentées séparément au Conseil du Trésor pour que chaque ministère participant les approuve dans le cadre de son budget global. Le CIRS ne participe pas à la formulation de ces demandes. Cela ne semble pas compatible avec la structure de gestion actuelle et il semblerait plus approprié que les ministères concernés soumettent la partie SAR de leurs prévisions budgétaires au CIRS pour que ce dernier les présente au Conseil du Trésor dans un budget SAR unifié. Par contre, chaque ministère participant prépare des demandes de fonds pour l'amélioration du système SAR, par exemple pour l'achat de nouvelles ressources, et il les soumet au CIRS qui les rassemble et les présente au Comité de la politique étrangère et de la défense, sous l'enveloppe de la Défense. Afin que ces demandes de fonds dans l'enveloppe de la Défense ne soient pas englouties par des articles reliés à la défense, les demandes relatives à des améliorations à apporter au système SAR devraient être présentées au Comité de la politique étrangère et de la défense, sous une enveloppe SAR distincte. Cette mesure a été recommandée dans le *Rapport sur l'évaluation des opérations de recherche et de sauvetage* (Rapport Cross), paru en 1982.

■ *ÉQUIPEMENT ET PROCÉDURE* Dans le cadre du système SAR, le ministère de la Défense nationale a en tout neuf aéronefs spécialisés en poste dans la région de recherche et de sauvetage d'Halifax: trois avions à voilure fixe Buffalo et trois hélicoptères SARCUP[1] à Summerside, Île-du-Prince-Édouard, et trois hélicoptères SARCUP à Gander, Terre-Neuve. De plus, le RCC d'Halifax a à sa disposition un certain nombre d'aéronefs à voilure fixe de type CP140 Aurora, à Greenwood, en Nouvelle-Écosse, de même que des hélicoptères CH124 Sea King, à Shearwater, en Nouvelle-Écosse, qui servent de ressources SAR complémentaires.

L'hélicoptère SARCUP est un hélicoptère à turbines jumelles et à rotors en tandem, dont la vitesse normale est de 115 noeuds et le rayon d'action, aux fins de planification, de 225 milles marins. Il est muni d'un équipement complet de communications et de navigation, ainsi que d'un treuil. Il ne peut toutefois pas faire de vol stationnaire, mais on devrait le modifier à cette fin d'ici trois ou quatre ans.

Avec un rayon d'action de 170 milles marins, l'hélicoptère CH124 Sea King transporte à peu de choses près le même équipement que le SARCUP. Il peut en outre faire du vol stationnaire, ce qui le rend mieux adapté pour les missions de sauvetage.

Les aéronefs SAR spécialisés, les hélicoptères SARCUP et les avions à voilure fixe Buffalo ont un temps de réaction de 30 minutes durant les heures de travail (huit heures par jour, cinq jours par semaine) et de deux heures en d'autres temps. Pour augmenter les possibilités de sauvetage, le délai d'intervention ou temps de réaction en dehors des heures ouvrables pour les hélicoptères SARCUP en poste à Gander et à Summerside, devrait être ramené à une heure. L'analyse du temps que mettent les hélicoptères SARCUP à atteindre divers points du plateau Scotian et des Grands bancs revèle qu'ils peuvent atteindre le secteur Hibernia et la plupart des endroits le long du plateau Scotian en deux ou trois heures de vol. Toutefois, pour atteindre la partie sud du plateau continental et les parties des

[1]Les hélicoptères SARCUP sont des versions récemment améliorées des Boeing Vertor CH1113/CH113A Labrador/Voyageur.

Grands bancs qui sont à l'est et au sud du champ Hibernia, il leur faut jusqu'à quatre heures de vol. Ces temps de vol s'ajoutent aux 30 minutes et aux deux heures de temps de réaction, et ne conviennent pas lorsqu'il faut porter secours aux victimes d'un accident d'hélicoptère. Il ressort également de l'analyse que les secteurs sud et nord-est des Grands bancs sont en dehors du rayon d'action de ces hélicoptères.

Quatre techniques sont actuellement en usage dans le système SAR pour secourir ou aider les personnes en détresse: larguer une trousse de survie, faire amerrir un hélicoptère ou le faire atterrir sur un pont, hisser les survivants à l'aide d'un filet, hisser les survivants avec l'aide d'un technicien en recherche et sauvetage (SARTECH). Les trousses de survie comprennent habituellement deux radeaux de sauvetage gonflables reliés par une amarre; ils peuvent être largués d'un hélicoptère ou d'un aéronef à voilure fixe. Bien qu'il puisse être utile, cet équipement ne permet que de déplacer les survivants dans un milieu moins hostile en attendant les secours, à condition qu'ils soient en mesure de s'aider. L'atterrissage d'un hélicoptère sur un pont ou son amerrissage est la façon la plus rapide et la plus efficace de porter secours à un grand nombre de survivants. Cette technique est toutefois grandement limitée par le degré de gîte ou le mouvement de l'installation ou, dans le cas d'un atterrissage amphibie, par l'état de la mer. La remontée à l'aide d'un filet est rarement utilisée par le personnel SAR en raison de la capacité limitée du filet (seulement deux personnes), ce qui par conséquent ne convient pas pour le sauvetage d'un plus grand nombre de survivants. L'utilisation du filet se limite aussi au sauvetage des survivants qui sont en mesure d'y grimper, puisqu'on ne peut y entrer que par un seul endroit. La remontée avec l'aide d'un technicien en recherche et sauvetage (SARTECH) rend possible le sauvetage d'une personne rendue inerte même dans des conditions difficiles, puisque le technicien SARTECH va lui-même chercher le survivant.

Dans le cadre du programme SAR national, la Garde côtière canadienne (GCC) utilise un certain nombre de petites embarcations de sauvetage qui sont en poste à divers endroits le long des côtes canadiennes et qui servent à effectuer des opérations de sauvetage non loin des côtes. D'autres gros navires océaniques de la Garde côtière ont aussi des fonctions de recherche et de sauvetage; quatre d'entre eux se trouvent sur la côte est. De ceux-ci, un est censé être remplacé par un navire actuellement en construction. Deux des quatre navires (le *Grenfell* et le *Jackman*) sont d'anciens navires de service offshore, l'un (le nouveau navire) est un navire à coque conçu pour le ravitaillement et l'autre (l'*Alert*) a été conçu et construit à des fins de recherche et de sauvetage. Tous les quatre ont des hélices jumelles et un propulseur transversal en tunnel; le nouveau navire sera muni d'un dispositif de commande type manche à balai, tandis que les machines de propulsion des autres navires sont entièrement commandées à partir de la passerelle. Les navires sont munis d'équipement de lutte contre les incendies, de pompes portatives, de matériel de premiers soins, d'équipement de plongée, de lance-filins, de filets d'escalade et de radeaux de sauvetage.

Le *Jackman* et le *Grenfell* sont équipés de canots de sauvetage rigides à lancement par grue et de canots gonflables, tandis que le nouveau navire aura une embarcation de sauvetage rapide (ESR) rigide et gonflable, à lancement par bossoir. L'*Alert* possédera deux canots de sauvetage gonflables, mais n'aura pas d'ESR avant sa remise en état prévue pour 1985-1986. Les quatre navires ont des dispositifs d'assujettissement des hélicoptères; l'*Alert* dispose en outre d'une hélisurface. Le *Grenfell* est muni d'un panier de secours, alors que les trois autres n'en ont pas. La présence sur ces quatre navires, de pavois de bordage dans les zones de secours rend la tâche difficile aux survivants pour monter à bord.

■ *CLIENTS SAR POTENTIELS* Les utilisateurs potentiels du système SAR sont les passagers et les équipages d'aéronefs et de navires marchands dont les opéra-

tions se déroulent à l'intérieur des zones de responsabilité SAR déterminées. Le présent rapport porte surtout sur les incidents maritimes, y compris les accidents d'hélicoptères à l'emploi de l'industrie offshore. On peut décrire les clients maritimes éventuels comme étant tous ceux qui gagnent leur vie en mer ou qui utilisent la mer à des fins de loisirs.

Dans l'ensemble du pays, la navigation de plaisance réunit le groupe de clients potentiels le plus important, principalement dans les régions de Victoria et de Trenton, où leur nombre dépasse celui des permis délivrés aux petits bateaux de pêche. Toutefois, les pêcheurs forment le deuxième groupe de clients potentiels en importance dans l'ensemble du pays et ils constituent le groupe le plus important dans la région d'Halifax. La navigation commerciale réunit un groupe de clients potentiels relativement petit et les unités de forage en mer, un groupe encore plus petit.

Les statistiques SAR recueillies par le Canada portent sur quatre types d'incidents de détresse: aériens, maritimes, aide humanitaire et civile. L'analyse des données antérieures des incidents SAR au Canada révèle que la majorité des incidents de détresse (74 pour cent) qui se sont produits entre 1975 et 1983 ont été classés dans la catégorie des «incidents maritimes»[2] plutôt que dans celle des «incidents aériens»[3]. Des embarcations de plaisance et des bateaux de pêche étaient impliqués dans la majorité des cas, les embarcations de plaisance comptant pour le plus grand nombre d'incidents dans les régions de Victoria et de Trenton, et les bateaux de pêche ayant été impliqués dans le plus grand nombre d'incidents dans la région d'Halifax. Seulement 5 pour cent des incidents maritimes de détresse, dans l'ensemble du pays, au cours de cette période, impliquaient des navires marchands; les opérations de forage en mer n'étaient responsables que d'une fraction de ce pourcentage.

■ *DÉPLOIEMENT DES RESSOURCES SAR* Le système SAR compte actuellement 42 navires et 24 aéronefs qui constituent les ressources SAR spécialisées. Ces ressources sont déployées dans les quatre régions de recherche et de sauvetage de la façon suivante:

	Aéronefs		**Navires de**	
	Hélicoptères	à voilure fixe	plus de 20 m	moins de 20 m
Halifax	6	3	4	11
Trenton	3	1	6	6
Edmonton	0	4	–	–
Victoria	4	3	5	10

Il est à noter que, quoique l'on n'indique pour la région de Trenton qu'un seul avion Buffalo à voilure fixe, il y en a au contraire plusieurs; on veut dire qu'il y a seulement un avion à la fois qui sert aux opérations SAR. C'est la même chose à Edmonton.

Le déploiement des ressources SAR, dans l'ensemble du pays, obéit aux facteurs suivants:

- proximité des lieux de détresse SAR enregistrés dans le passé est un élément majeur dans la planification du déploiement des ressources.
- Le nombre d'utilisateurs potentiels n'est pas un facteur important des prévisions nationales de déploiement des ressources SAR, en raison de l'incerti-

[2]Les incidents maritimes sont les incidents où le véhicule original de transport était un véhicule marin de surface ou sous-marin, y compris les véhicules qui se déplacent au-dessus de l'eau sur coussins d'air.
[3]Les incidents aériens sont ceux où le véhicule original de transport était un véhicule aéroporté forcé de se poser sur terre ou en mer.

tude liée à la vérification du nombre de personnes qui se trouvaient à bord avant l'incident. Toutefois, dans l'ensemble d'une région, il est plus facile de déterminer les déplacements de la population et ces données sont par conséquent prises en considération lors de la planification des ressources SAR.

- Les conditions météorologiques et les limites opérationnelles sont des éléments primordiaux quand vient le temps d'attribuer une place à un aéronef SAR pour s'assurer qu'il peut répondre dans la très grande majorité des cas.
- La présence d'une infrastructure qui permette d'accueillir les ressources ainsi que du personnel pour en assurer le fonctionnement est un facteur important du déploiement des ressources.
- La présence d'autres sources d'appui du SAR est importante dans la planification des ressources maritimes. Par exemple, la présence de groupes comme le Service auxiliaire canadien de sauvetage maritime rend moins important le besoin de garder des navires SAR dans certains secteurs.

L'analyse de ces facteurs révèle que le déploiement de ressources aériennes spécialisées dans la région d'Halifax offre un niveau de services qui est au moins égal à celui des services fournis dans la région de Trenton et supérieur à celui qui est offert dans la région de Victoria. Une analyse plus approfondie des ressources aériennes SAR dans la région d'Halifax indique que le déploiement actuel des ressources (trois hélicoptères et trois aéronefs à voilure fixe à Summerside, Î.-P.-É. et trois hélicoptères à Gander, Terre-Neuve) englobe les meilleurs endroits pour que ces ressources puissent couvrir la majorité des incidents maritimes de détresse. Le choix de ces endroits ne permet toutefois pas d'assurer des services optimums à l'industrie pétrolière offshore. La relocalisation des ressources afin de répondre à ces besoins particuliers pourrait se traduire, dans le cas des hélicoptères, par une détérioration des services offerts dans les endroits actuellement couverts. Par conséquent, le niveau actuel des ressources SAR aériennes déployées dans la région d'Halifax devrait être maintenu. Afin d'offrir des services SAR adéquats à l'industrie pétrolière, il est nécessaire d'offrir les services d'un hélicoptère de surveillance (délai d'intervention de 30 minutes lorsque les hélicoptères sont en vol) durant toute l'année à Saint-Jean (T.-N.), durant les mois d'hiver à l'île de Sable et durant les mois d'été au Labrador. Étant donné que ces besoins sont particuliers à l'industrie pétrolière, ces ressources aériennes devraient être puisées à l'extérieur du système SAR du gouvernement.

■ *FORMATION DU PERSONNEL SAR* En plus de leur formation de base, les pilotes des hélicoptères qui servent à la recherche et au sauvetage doivent suivre un cours de spécialiste d'une durée de 35 jours. Le pilote est alors promu au rang de pilote SAR et commence un stage de perfectionnement de niveau de commandant de bord, stage qui peut durer d'un à trois ans. Tous les pilotes reçoivent par la suite une formation permanente et subissent des vérifications régulières des compétences.

Les techniciens en recherche et sauvetage (SARTECH) sont choisis dans d'autres métiers des Forces armées; on en nomme deux sur chaque aéronef. Les personnes qui veulent recevoir cette formation de technicien suivent un cours de présélection de 35 jours sur les techniques de survie et la plongée, suivi d'un cours de SARTECH de 120 jours où on enseigne aux candidats les techniques de survie, les soins médicaux aux survivants, l'alpinisme, les techniques de l'eau, le saut en parachute et le treuillage par hélicoptère. Une fois leur formation terminée, les candidats qui ont réussi travaillent avec un SARTECH principal pendant 21 mois avant d'être déclarés aptes à exercer pleinement leur fonction autant à bord d'un aéronef à voilure fixe qu'à bord d'un hélicoptère. Tout comme les pilotes d'hélicoptères, les SARTECH sont assujettis à une formation permanente, avec exigences mensuelles et vérification des compétences.

Le personnel à bord des gros navires SAR de la Garde côtière canadienne dans la région d'Halifax est formé selon les exigences de la *Loi sur la marine marchande du Canada*; les officiers et certains membres d'équipage ont suivi le cours sur les fonctions d'urgence en mer (*Marine Emergency Duties* ou MED II) qui comprend certains points de formation en recherche et sauvetage. Il est évident que le cours MED II, tout comme celui des premiers soins, ainsi que les techniques de sauvetage enseignées au Royaume-Uni et en Norvège devraient être imposés à tous les membres d'équipage des navires SAR spécialisés. Ils participent à des exercices sur terre et en mer, conformément aux instructions et aux ordres permanents de la GCC. Il ne semble pas y avoir de formation particulière prévue pour aucun de ces équipages, pour ce qui est de l'utilisation des embarcations de sauvetage rapides; en ce sens, il est urgent que la GCC mette au point des techniques et les enseigne à tous les membres d'équipage qui en ont besoin, sur chaque navire SAR spécialisé. La plupart des capitaines et des lieutenants de ces navires ont également suivi le cours national sur les services SAR maritimes à l'Institut de formation de Transports Canada. Tout indique que la GCC pourrait, en consultation avec l'industrie, commencer l'élaboration d'un cours spécialisé en techniques de sauvetage.

Les contrôleurs maritimes des centres de coordination du sauvetage font partie du personnel de la Garde côtière canadienne; ce poste exige l'obtention d'un certificat de compétence d'officier de quart. Pour obtenir ce certificat, le candidat doit avoir réussi le cours MED II et avoir travaillé au moins pendant deux ans en mer, bien qu'il n'y ait aucune assurance qu'il possède de l'expérience dans l'utilisation de l'équipement SAR. Par conséquent, il semblerait souhaitable d'exiger des contrôleurs maritimes qu'ils détiennent plus que le certificat de compétence d'officier de quart. Les contrôleurs aériens des RCC sont des employés du ministère de la Défense nationale, recrutés dans les équipages des escadrons SAR; ils seront donc des pilotes ou des navigateurs ayant de l'expérience dans les opérations de recherche et de sauvetage. Étant donné qu'il est vraiment souhaitable de pouvoir compter sur un personnel compétent qui a de l'expérience dans les opérations de recherche et de sauvetage, on devrait s'en tenir à cette façon de recruter les contrôleurs aériens. Ces derniers, de même que les contrôleurs maritimes, doivent suivre le cours national sur les services SAR maritimes à l'Institut de formation de Transports Canada, pour y recevoir la formation en cours d'emploi, avant d'être considérés comme entièrement qualifiés.

■ *RECHERCHE ET SAUVETAGE PAR LES GOUVERNEMENTS EN MER DU NORD* Le nombre de clients potentiels dans tous les secteurs des zones de production s'élève à environ 40 000. La distance maximale entre un champ pétrolifère et un aérodrome donné sur le continent est à peu près de 120 milles marins, mais il y a de nombreux autres aérodromes qui peuvent être utilisés dans les pays qui bordent la mer du Nord, c'est-à-dire la Norvège, le Danemark, l'Allemagne de l'Ouest, les Pays-Bas et le Royaume-Uni. De plus, la circulation des navires marchands et des patrouilleurs des pêches fait en sorte que l'aide SAR est plus facilement disponible sur les lieux d'une urgence en mer du Nord que dans l'Atlantique Nord.

Les services de recherche et de sauvetage sont assurés au Royaume-Uni par la *HM Coastguard*, le *Royal National Lifeboat Institute* (RNLI) et les Forces armées (*Royal Air Force* et *Royal Navy*). Quoique chaque organisme fonctionne de façon indépendante, la *HM Coastguard* assure la coordination des mesures SAR maritimes civiles, grâce à une organisation de six centres de coordination du sauvetage, de 560 officiers réguliers et de postes de quart volontaires. Le *Ministry of Defence*, par le biais de deux centres de coordination du sauvetage/quartier général des opérations maritimes, coordonne les mesures prises par les Forces armées et la SAR maritimes civile. Le RNLI est une organisation bénévole qui compte 133 postes d'abandon en mer et 67 sur le continent. La RAF garde en

poste un avion de patrouille Nimrod à grand rayon d'action (et un second est disponible au besoin) et un certain nombre d'hélicoptères Wessex et Sea King munis de treuils et transportant des STARTECH. La *HM Coastguard* fournit une seule ressource aérienne pour les fonctions SAR: un hélicoptère S61 à contrat. L'ensemble des services de recherche et de sauvetage du Royaume-Uni ne fournit aucun équipement d'intervention supplémentaire ou spécial, pour les incidents qui touchent l'industrie pétrolière étant donné que les sociétés sont censées fournir leurs propres installations de sauvetage.

Les services SAR de Norvège collaborent avec plusieurs agences gouvernementales, organisations bénévoles et sociétés privées, la coordination étant assurée par les forces policières, par le biais de deux centres de coordination du sauvetage, de 54 centres secondaires de sauvetage et de 16 centres secondaires de sauvetage aérien. Le *Royal Ministry of Justice and Police* fournit 10 hélicoptères Westland Sea King munis de treuils et transportant des SARTECH. La dotation en personnel, l'utilisation et l'entretien de ces hélicoptères sont assurés par la *Royal Norwegian Air Force*. La *Norwegian Society for Sea Rescue* met en service 29 navires de sauvetage en mer et huit petits navires côtiers, tous munis de l'équipement de sauvetage complet. Comme au Royaume-Uni, il n'y a aucun équipement ni installation SAR spécial alloué à l'industrie pétrolière, laquelle est censée pouvoir répondre à ses propres besoins en recherche et sauvetage.

■ *RECHERCHE ET SAUVETAGE PAR L'INDUSTRIE PÉTROLIÈRE CANADIENNE* Les travaux d'exploration pétrolière et gazière au large de la côte est du Canada s'effectuent principalement au large de la côte du Labrador et dans le détroit de Davis, durant les mois d'été, et sur les Grands bancs et le plateau continental de la Nouvelle-Écosse, tout au long de l'année.

Bien que l'industrie pétrolière offshore reconnaisse qu'elle doit faire sa part en cas d'urgence, le système SAR du gouvernement est considéré comme la principale ressource. Néanmoins, les responsabilités quant aux mesures à prendre en cas d'incidents de détresse impliquant des MODU, des navires de service et des hélicoptères doivent être précisées et acceptées par le gouvernement aussi bien que par l'industrie. Cette dernière assure les premières mesures SAR maritimes grâce aux navires de surveillance qui sont affectés à toutes les installations de forage. Elle est toutefois peu disposée à fournir des services de secours par hélicoptère dans la même mesure que le fait le SAR du gouvernement. Les organismes de réglementation demandent à l'industrie, du moins à Terre-Neuve, de prévoir un hélicoptère qui assure les services de recherche et de sauvetage. Ils demandent également que cet hélicoptère soit muni d'un treuil et que son équipage reçoive la formation en techniques passives de sauvetage.

Tous les exploitants sur les Grands bancs et sur le plateau Scotian sont tenus d'élaborer des plans d'alerte communs pour coordonner les mesures d'urgence dans le secteur. Le personnel autorisé annonce une alerte lorsque certaines conditions environnementales réunies peuvent mener à une situation d'urgence. En cas d'alerte touchant plusieurs exploitants, tous les exploitants du secteur sont tenus de fournir les ressources dont ils disposent selon les procédures énoncées dans le plan de mise en commun des ressources d'urgence des exploitants. Les mesures prises suite aux alertes touchant plusieurs exploitants sont coordonnées par un comité de gestion formé d'un représentant de chaque exploitant, qui transmet les décisions du comité à sa société. Ce système semble s'avérer un moyen efficace d'apporter une aide réciproque dans les situations d'urgence, quoique le système SAR devrait être représenté auprès du Comité de gestion lorsque des ressources SAR sont utilisées.

Les procédures suivant l'annonce d'une alerte sont décrites dans le plan des mesures d'alerte de chaque société. Bien que les plans soient légèrement différents, ils comprennent tous la création d'une organisation d'alerte et exposent les

responsabilités de gestion permettant de placer la société dans un état de préparation avancé. L'organisation d'alerte informera le système SAR national (il est essentiel qu'une alerte immédiate soit donnée si l'on veut que l'assistance SAR soit réussie) et les organismes de réglementation concernés, qu'une alerte a été annoncée; elle se tiendra prête à intervenir jusqu'à ce que l'alerte soit terminée. Si la situation s'aggrave au point de devenir une situation d'urgence, le plan d'urgence de l'exploitant touché entre en vigueur, comme l'exige le règlement s'appliquant à tous les exploitants. Ces plans d'urgence s'appliquent à des situations d'urgence bien précises, établissent les responsabilités du personnel clé et énoncent la procédure fondamentale à suivre. D'autres mesures, ainsi que des manuels, comme les procédures relatives à l'embarquement à bord des navires et à leur lancement, de même que les manuels de contrôle des puits, fournissent plus de détails sur certains aspects des situations d'urgence. Il semble que ces plans d'urgence et leurs documents complémentaires soient adéquats tant dans leur portée que dans leur contenu. Les exploitants dont les opérations se déroulent sur les Grands bancs et sur le plateau Scotian ont également élaboré des plans communs en ce qui concerne la dispersion des glaces et le contrôle des déplacements des navires et des avions.

Les navires de surveillance et de service font rapport à la société pétrolière concernée lorsqu'ils arrivent à un endroit ou lorsqu'ils en repartent (soit en mer ou sur terre), et, de façon régulière, à intervalles de quatre heures. Si un navire omet de faire rapport dans un délai de quinze minutes de l'heure prévue au tableau, des tentatives sont faites pour le rejoindre. Lorsque ces tentatives ne donnent pas de résultats, le plan d'urgence qui s'applique à la société concernée entre en vigueur. Ces mesures semblent suffisantes pour assurer une bonne surveillance des navires, compte tenu du rythme actuel des activités.

Deux fois par jour, les positions des navires de service de chaque compagnie sont communiquées au *Central Flight Following*, un service de surveillance général des vols qui a été mis sur pied à Saint-Jean (T.-N.) et à Halifax, et qui assure une surveillance radio de tous les instants lorsque les aéronefs de l'industrie sont en vol. Les aéronefs signalent leur position selon leur plan de vol, à intervalles de 15 minutes, et si l'un d'eux omet de faire rapport dans un délai de trois minutes de l'heure fixée, des tentatives sont faites pour le rejoindre. S'il est en retard de dix minutes pour son rapport ou si le pilote indique une urgence, le *Central Flight Following* en informe le SAR, le pilote de l'hélicoptère, la société pétrolière et les navires de service qui se trouvent dans le secteur. Si le retard est de 30 minutes, l'état d'urgence est confirmé auprès du SAR, et les navires de service et tous les hélicoptères de l'industrie qui sont munis d'un treuil et qui sont disponibles sont envoyés sur les lieux. En raison du temps de déplacement, il est raisonnable que le *Central Flight Following* envoie les navires de service qui se trouvent le plus près de la zone d'urgence, lors de l'alerte faisant suite au retard de 10 minutes. Les installations, l'équipement et les procédures au *Central Flight Following* sont, à quelques exceptions près, suffisantes pour répondre aux besoins actuels.

■ *ÉQUIPEMENT ET PROCÉDURES* Les hélicoptères le plus souvent utilisés par l'industrie pétrolière sur la côte est sont le Sikorsky S61N et le Super Puma AS 332 C/L de l'Aérospatiale. Les deux modèles ont des turbines jumelles et un rotor unique. Le S61 a une vitesse de croisière de 115 noeuds et un rayon d'action normal, selon les Règles de vol aux instruments (*Instrument Flight Rules* ou IFR), d'environ 215 milles marins. Le Super Puma a une vitesse de croisière de 135 noeuds et un rayon d'action IFR normal d'environ 285 milles marins, ce qui le rend supérieur aux autres hélicoptères utilisés par le gouvernement et l'industrie pour les opérations SAR, du point de vue de la logistique. Le matériel de communications, de navigation et les autres instuments de vol sont semblables dans tous les types d'hélicoptères; le S61 et le Super Puma sont munis d'un sys-

tème automatique de contrôle de vol. Leurs capacités de sauvetage pourraient cependant être améliorées par l'ajout d'un système permettant le vol stationnaire, d'un radiogoniomètre et d'un dispositif de recherche, de même que d'un treuil à fonction continue.

L'industrie pétrolière à Saint-Jean est tenue de fournir un hélicoptère muni d'un treuil, qui assure la permanence à des fins de sauvetage. Cet hélicoptère est fourni à tour de rôle par les exploitants; il peut être par conséquent un Super Puma ou un S61. Il semble que cet arrangement ne convienne pas. Ainsi, on pourrait réserver dans chaque région les services d'un seul hélicoptère qui assurerait les opérations de sauvetage, dont les coûts seraient supportés par l'industrie. Le gouvernement du Canada devrait toutefois être responsable des contrats conclus pour chaque hélicoptère et de l'administration des services. Cela permettrait d'assurer une qualité de formation qui corresponde à celle qui est déjà fournie au personnel SAR du gouvernement et d'avoir une politique cohérente en matière de techniques de sauvetage. De plus, les préoccupations de l'industrie quant aux possibilités et aux risques personnels seraient éliminées et les ressources pourraient être réparties selon les divers types d'activités. Par exemple, un hélicoptère ayant un contrat pour des services dans la zone de l'île de Sable en hiver pourrait se déplacer vers la côte du Labrador en été. Cet hélicoptère de sauvetage peut ne pas servir au transport de l'équipage et doit avoir en permanence des équipages désignés d'au moins quatre personnes: un pilote, un co-pilote, un opérateur de treuil et un technicien en sauvetage. Lorsque l'hélicoptère est en poste à la base terrestre de Saint-Jean, il peut intervenir dans un délai de 30 minutes durant le jour et d'une heure durant les heures non ouvrables. Bien que cette entente révèle un certain niveau de participation des ressources aériennes de l'industrie, celle-ci devrait en arriver à un consensus quant au degré de responsabilité qu'elle voudra accepter pour la prestation des services de sauvetage.

L'examen des capacités de ces hélicoptères montre que le Super Puma peut atteindre tous les points le long du plateau Scotian, à l'exception de la pointe sud, en moins de deux heures de vol, tandis que l'extrême pointe sud du plateau Scotian est au-delà du rayon d'action du S61. De la façon dont ils sont équipés actuellement, les S61 et les Super Puma ne peuvent effectuer de missions de sauvetage dans les secteurs qui sont tout à fait à l'est et au sud des Grands bancs. Bien que le temps de vol nécessaire pour atteindre le champ Hiberbia soit d'environ une heure et demie, les points à l'est d'Hibernia sont à au moins trois heures de vol, ce qui dépasse le rayon d'action des hélicoptères, même des Super Puma. Ces délais d'intervention, qui conviennent pour la plupart des incidents, ne conviennent cependant pas lorsqu'il s'agit de secourir les victimes d'un accident d'hélicoptère.

Les hélicoptères fournis par l'industrie sont équipés de manière qu'on puisse utiliser quatre techniques pour secourir ou aider les personnes en détresse: le largage d'une trousse de survie, l'amerrissage ou l'atterrissage sur un pont, l'utilisation d'un panier EMPRA (*Emergency Multiple Person Rescue Apparatus*) attaché au crochet du treuil, la remontée à l'aide d'un filet ou d'un panier. La trousse de survie que transportent les hélicoptères de l'industrie est semblable à celle qu'il y a à bord des hélicoptères SAR et elle est soumise aux mêmes limites, comme d'ailleurs les techniques de largage sur un pont ou en mer par les hélicoptères de l'industrie du forage. Le panier EMPRA qu'utilisent les hélicoptères de l'industrie est suspendu à un crochet extérieur et il est suffisamment grand pour accueillir de 15 à 20 personnes. Ce panier peut servir à secourir des personnes qui se trouvent à bord d'un navire ou sur le pont d'une MODU; la manoeuvre consiste simplement à le descendre et à y faire monter les survivants. Pour aller chercher des personnes qui se trouvent dans l'eau, on peut le traîner à la surface pour que les survivants l'agrippent. Étant donné que le panier est suspendu à l'extérieur, la

vitesse de l'appareil est limitée à environ 90 noeuds lorsque le panier est vide et à environ 50 noeuds lorsque des personnes s'y trouvent. Les hélicoptères SAR sont également en mesure de hisser des survivants à l'aide d'un petit panier d'une capacité d'une ou de deux personnes. Le panier peut être gardé à l'intérieur de l'hélicoptère lors du voyage et les survivants peuvent être transférés du panier à l'intérieur de l'hélicoptère. La durée d'utilisation du treuil sur un S61 est très limitée, tandis que sur un Super Puma, le treuil est tout à fait en mesure de remplir ses fonctions de façon continue.

Les règlements gouvernementaux exigent, pour chaque unité de forage, la présence d'un navire de surveillance

- qui servira lors du sauvetage du personnel d'une MODU; qui recevra les personnes évacuées qui peuvent être en danger à cause des opérations sur une MODU ou dans les environs immédiats;
- qui aidera à éviter les collisions entre la MODU et d'autres navires;
- qui servira de centre de communications d'appoint dans les cas d'urgence; et
- qui servira de centre de commandement durant les urgences.

L'une des fonctions premières d'un navire de surveillance est de fournir un endroit où le personnel d'une MODU puisse être transporté au moyen d'une grue ou d'un hélicoptère. Les deux méthodes exigent que le navire de surveillance ait un pont à ciel ouvert, non encombré d'objets, où la grue ou l'hélicoptère peuvent larguer le panier. Le navire de surveillance doit pouvoir se maintenir en place au moment du largage, particulièrement lorsque le transfert se fait à l'aide de la grue; le navire doit alors se maintenir très près de la plate-forme pendant un assez long moment. Ces deux techniques sont soumises aux conditions du vent qui peuvent rendre difficile le largage des paniers sur le pont du navire.

Le transfert de naufragés à partir d'un canot ou d'un radeau de sauvetage vers un navire de surveillance est difficile et, dans certains cas, il peut être préferable de ne pas essayer de secourir des personnes s'il n'y a pas de danger immediat pour l'embarcation de sauvetage ou ses occupants. Il y a toutefois certains autres moyens de secours auxquels le navire de surveillance peut servir au besoin. Par exemple, il peut participer au halage ou servir d'écran au canot ou au radeau de sauvetage. Les survivants peuvent être repêchés à l'aide de la grue du navire, soit un à la fois, soit en groupe à l'aide du panier. Il est possible de transférer directement les survivants de l'embarcation de sauvetage au navire de surveillance. Il est également possible de faire passer les survivants directement de l'eau au navire de surveillance grâce à diverses méthodes, mais cela est toujours très difficile puisque souvent ces personnes sont affaiblies par le froid. Un embarcation de sauvetage rapide (ESR) peut être lancée du navire de surveillance pour secourir rapidement les personnes qui sont dans l'eau, opération qui se fait avec une plus grande précision et un meilleur contrôle qu'on ne peut le faire à l'aide d'un navire de surveillance. Quelles que soient les méthodes de sauvetage utilisées, la question du logement des survivants, des installations médicales et des zones de réception des naufragés sur les navires de surveillance devrait être étudiée et des normes, mises au point.

Il est courant dans l'est du Canada d'utiliser des navires de service comme navires de surveillance. Ces navires actuellement utilisés comme navires de surveillance devraient subir des inspections afin de voir à ce que les garde-corps n'interdisent pas l'accès à la zone de sauvetage et que les lisses de pavois de cette zone ne constituent pas un obstacle de plus de 2,5 mètres pour les survivants. Si ces installations créent des problèmes, il faudrait soit prévoir des ouvertures à certains endroits, soit installer des sections amovibles de garde-corps. Lorsque les installa-

tions des navires et l'équipement de sauvetage seront adéquats, on pourra permettre de continuer à utiliser les navires de service comme navires de surveillance, même si des navires spécialement construits à des fins de sauvetage sont en train de devenir la norme dans l'est du Canada.

Il y a toutefois certains navires de service qui ne peuvent pas remplir le rôle de navires de surveillance. Ceux qui n'ont pas les caractéristiques qui leur permettent d'assurer une surveillance convenable ne sont pas utilisés à cette fin. Quand un navire de surveillance est appelé à remplir d'autres fonctions lorsqu'il est en mission de surveillance, sa capacité de secours est alors sérieusement compromise. Les règlements canadiens ne précisent pas les caractéristiques techniques appropriées pour les navires de surveillance, pas plus qu'ils n'indiquent l'équipement qu'ils doivent transporter ni la façon de s'en servir. Cela va de soi qu'il faudrait établir des règlements ou des lignes directrices pour stipuler les caractéristiques à appliquer aux navires de surveillance. Il faudrait y prévoir l'obligation de fournir des dispositifs de secours tels qu'un panier de sauvetage, un dispositif lance-filins, des harnais de sécurité pour les membres d'équipage et des embarcations de sauvetage rapides dont les moteurs peuvent être mis en marche et réchauffés lorsque les embarcations ne sont pas encore à l'eau et qui sont munies de systèmes de lancement pouvant être utilisés dans la plupart des conditions.

■ *FORMATION SAR POUR LE PERSONNEL DE L'INDUSTRIE* La formation en sauvetage pour les équipages des hélicoptères de l'industrie a été dirigée par les firmes d'hélicoptères, sur une base interne. Les techniques d'utilisation des treuils ont été élaborées après consultation du personnel SAR national, alors que le cours de maniement du panier EMPRA a été mis au point par les sociétés. La formation est donnée surtout en vol; elle comporte des exercices de remontée des personnes qui sont dans l'eau à l'aide d'un filet pouvant accueillir une ou deux personnes et l'utilisation d'un panier EMPRA. Ces cours sont habituellement donnés lorsque la mer est calme. Les hélicoptères et leurs équipages ont principalement pour tâche de transporter du personnel, mais la formation donnée quant à l'utilisation des paniers EMPRA est utile et devrait se poursuivre.

Bien que les exigences posées au départ par le gouvernement pour que l'industrie fournisse un hélicoptère de surveillance, indiquaient que les programmes SAR des sociétés seraient revus de façon régulière et que la formation SAR serait fournie par le ministère de la Défense nationale (MDN), il ne s'est rien produit en ce sens même s'il y a eu plusieurs réunions sur la recherche et le sauvetage entre les représentants de l'industrie et du MDN. Il semble que la formation des équipages des hélicoptères de surveillance/de secours mobilisés devrait être donnée par le personnel SAR.

Les navires de surveillance comptent habituellement un équipage de 11 ou 12 hommes dont la moitié a terminé le cours MED II dans le cadre de la formation permettant l'obtention du certificat de navigation maritime. La majorité du personnel non accrédité sur les navires de surveillance a aussi suivi le cours MED II ou un cours semblable de survie, et aura donc reçu la formation de base en premiers soins. Le gouvernement devrait néanmoins exiger que tous les membres d'équipage des navires de surveillance aient suivi le cours MED II, ainsi qu'un autre cours officiel sur les techniques de sauvetage en vigueur au Royaume-Uni et en Norvège. Trois membres de chaque équipage des navires de surveillance sont désignés comme équipage de l'embarcation de sauvetage rapide; ils suivent un cours où ils apprennent comment lancer, manoeuvrer et récupérer ces embarcations, de même que la façon de secourir les naufragés et leur donner les premiers soins. Les officiers des navires de service et des navires de surveillance suivent aussi un cours de deux jours intitulé «Senior Officer-Emergency Management Forum». L'objet de ce cours, récemment offert par le *Petroleum Industry Training Service*, est de voir à ce que les officiers supérieurs soient formés de façon à pou-

voir faire face aux situations d'urgence et connaissent les ressources dont ils disposent. Tous les officiers n'ont pas encore suivi ce cours.

■ *RECHERCHE ET SAUVETAGE PAR L'INDUSTRIE PÉTROLIÈRE – MER DU NORD* L'industrie pétrolière en mer du Nord a mis sur pied six associations de secteur qui ne tiennent pas compte des frontières nationales et qui fournissent chacune des ressources SAR communes et de l'aide à tous les exploitants qui se trouvent dans leur secteur. Les hélicoptères sont considérés comme principal moyen d'évacuation: un grand nombre est disponible pour les incidents SAR même si tous ne sont pas équipés pour toutes les missions SAR. Les navires de surveillance remplissent aussi des missions SAR, même si en raison de capacités limitées quant aux manoeuvres et au maintien de la position, ces navires effectuaient à l'origine le sauvetage de personnes se trouvant dans un canot de sauvetage ou dans l'eau plutôt que sur une plate-forme. On a enseigné à la majorité des équipages des navires de surveillance, sinon à tous, comment donner les premiers soins et utiliser les ESR.

■ *CONSIDÉRATIONS D'ORDRE GÉNÉRAL* Un certain nombre de questions relatives à l'équipement et aux techniques touchant à la fois les operations aériennes et maritimes doivent être étudiées en détails:

- Étant donné qu'il est essentiel à la réussite du sauvetage d'avoir un bon contact visuel le jour comme la nuit, on devrait étudier la possibilité de doter les combinaisons de survie et les gilets de sauvetage de lampes stroboscopiques.
- Lorsque le contact visuel est inadéquat ou impossible, l'utilisation d'une radiobalise de localisation des sinistres (*Emergency Position Indicating Radio Beacon* ou EPIRB) pourrait s'avérer un bon moyen de situer l'objet d'une opération SAR.
- L'utilisation de la détection passive à l'infra-rouge est un autre moyen de situer l'objet de la recherche. Un dispositif infra-rouge à vision vers l'avant est actuellement utilisé sur quelques hélicoptères SAR en mer du Nord; on l'a trouvé très efficace. L'expérience en mer du Nord devrait être étudiée en fonction de son application éventuelle au Canada.
- Toutes les embarcations motorisées, y compris les canots et les radeaux de sauvetage, devraient être dotées de radiobalises de détresse (emergency locator transmitter ou ELT) ou d'EPIRB, puisqu'on a souvent à recueillir des embarcations de sauvetage en plus des naufragés eux-mêmes.
- Les combinaisons de survie et les gilets de sauvetage devraient être munis de poignées pour faciliter la tâche aux secouristes.
- Il faudrait mettre sur pied un système qui permette d'assurer le suivi des recommandations présentées dans le cadre des enquêtes officielles en recherche et sauvetage, de façon à ce que l'on prenne les mesures qui conviennent.

9

RÉGLEMENTATION

RÉGLEMENTATION

RÉGLEMENTATION DE L'INDUSTRIE DE FORAGE EN MER

Étude comparative de la réglementation de la sécurité appliquée en Norvège, au Canada, aux États-Unis et au Royaume-Uni concernant la conception, la construction et l'exploitation des installations pétrolières et gazières en mer
Programme d'études oceanographiques de Dalhousie,
Halifax, Nouvelle-Écosse,
septembre 1984

L'analyse de quatre régimes de réglementation distincts régissant la conception, la construction et l'exploitation des installations offshore montre qu'il y a des différences, tant du point de vue de l'organisation administrative et de la portée de la réglementation, que des méthodes d'application. En effet, les régimes varient grandement, allant d'un contrôle volontaire par l'exploitant dans la partie de la mer du Nord qui relève du Royaume-Uni, à une réglementation et à une politique d'application très élaborées en Norvège. L'industrie offshore sollicite constamment les limites des connaissances technologiques en vue d'améliorer aussi bien l'efficacité de ses opérations, que la sécurité des travailleurs. Pour ceux qui élaborent les règlements le défi consiste à opter pour des mécanismes de réglementation appropriés qui respectent à la fois le caractère innovateur de l'industrie offshore et les besoins de sécurité dans ce domaine.

■ *LA NORVÈGE* Le régime de réglementation norvégien est très élaboré comparé à ceux d'autres pays. Cependant, des règlements spécifiques ont été prévus afin de donner une plus grande souplesse grande souplesse au régime et de permettre l'application de changements technologiques et de méthodes nouvelles dans certains cas particuliers, selon les conditions propres à chaque exploitant.

La *Continental Shelf Law* est le fondement juridique de la réglementation des activités se déroulant sur le plateau continental. Elle donne l'autorité nécessaire au souverain pour autoriser et réglementer l'exploration et l'exploitation des ressources pétrolières. Des décrets royaux découlant de cette loi et d'autres lois servent de point de départ à l'élaboration des règlements et donnent l'autorité nécessaire pour contrôler ces activités. La responsabilité première en matière de sécurité des installations offshore est dévolue au *Department of Local Government and Labour*. En pratique toutefois, ce pouvoir a été délégué à neuf organismes chargés des plates-formes mobiles (principalement le *Maritime Directorate*) et à cinq organismes chargés des plates-formes fixes (surtout le *Petroleum Directorate*). Cinq sociétés de classification ont reçu l'autorisation d'effectuer les inspections et d'autres tâches au nom du *Maritime Directorate*.

En Norvège, le principe de base sur lequel s'appuie la réglementation en matière de sécurité des installations offshore, veut que les exploitants soient responsables de l'application des règlements en vigueur et que les prescriptions du gouvernement soient considérées comme étant la norme minimale acceptable. L'exploitant doit soumettre au *Petroleum Directorate* un plan directeur portant sur l'exploration et l'exploitation du champ pétrolier. La politique de l'exploitant en matière de sécurité, l'analyse de conception de la plate-forme conformément aux

consignes de sécurité figurant dans les lignes directrices du *Petroleum Directorate* et une description du système de contrôle interne permettant de veiller à ce que les règlements en vigueur sur la sécurité soient appliqués, doivent figurer dans le plan directeur de l'exploitant.

Le régime norvégien a donc pour précepte que l'exploitant doit contrôler l'application des règlements sur la sécurité. Des lignes directrices ont été établies concernant la planification, la conception, la construction et l'exploitation des installations. Un projet de loi complet réglementant les activités pétrolières et gazières en mer est actuellement à l'étude et les règlements sur la sécurité sont en cours de révision. Des méthodes de coordination des régimes régissant les plates-formes fixes et mobiles sont déjà appliquées. Par exemple, le *Maritime Directorate* a pris des mesures afin qu'un système de contrôle interne fondé sur les principes et les procédés existant déjà pour les installations fixes soit mis en application. Toutes ces mesures ont pour but d'instaurer un régime de réglementation plus fonctionnel, autant en ce qui concerne le nombre d'organismes compétents, que le mode même de réglementation. Essentiellement, le détenteur d'un permis doit veiller au respect des consignes de sécurité au moyen d'un système de contrôle interne, mais les autorités compétentes conservent la prépondérance en matière de contrôle.

La réglementation relative à la conception et à la construction des installations fixes et de leur équipement est très étendue. Les analyses sont effectuées pendant les étapes de planification et de construction, mais l'installation n'est pas approuvée avant qu'elle ne soit complètement terminée. De même, la conception et la construction des plates-formes mobiles font l'objet d'une vaste réglementation, en particulier du point de vue de la sécurité, et des normes techniques sont fixées.

Pour le contrôle des puits, on s'en remet à une réglementation spécifique, à des pratiques établies dans le champ pétrolier, à des prescriptions détaillées figurant dans les décrets royaux et aux obligations relatives à l'exécution imposées aux exploitants. Le cadre général des prescriptions sur la sécurité au travail est établi au moyen de lois sanctionnées. La réglementation appliquée par le *Maritime Directorate* concernant la sécurité au travail, s'applique aussi bien aux unités mobiles de forage norvégiennes qu'étrangères. Les décrets royaux prévoient que l'exploitant doit s'assurer que les travailleurs sont dignes de confiance et qu'ils possèdent les qualifications nécessaires pour travailler sur les installations de manière sécuritaire. Les règlements précisent les exigences concernant la dotation, les responsabilités du personnel, et les qualifications et certificats nécessaires. Le *Maritime Directorate* a établi des règles relativement aux navires de soutien, à leurs caractéristiques, à l'équipement et à la nécessité pour ces navires de demeurer à une distance de moins d'un mille de l'unité de forage.

■ *ÉTATS-UNIS* Les *Outer Continental Shelf (OCS) Lands Act* et *Submerged Lands Act* constituent le fondement juridique de la réglementation des ressources du plateau continental adjacent aux États-Unis. Le régime actuel est un mélange de quatre démarches distinctes. La première consiste en des énoncés de principe généraux qui définissent l'orientation du programme de sécurité en mer. La deuxième est axée sur l'équipement, c'est-à-dire qu'elle consiste à fixer des critères relatifs à la conception, aux écarts admissibles ou à des limites particulières (par exemple, les puits producteurs doivent être munis d'un dispositif de sécurité actionné depuis la surface). La troisième donne lieu à des exigences axées sur l'exécution et consiste à indiquer les mesures à prendre pour se conformer à la réglementation (par exemple, l'obligation d'arrêter les pompes lorsque la pression est anormalement élevée ou basse). Enfin, selon la quatrième, l'exploitant doit préparer et soumettre un programme indiquant les procédés et l'équipement qu'il prévoit utiliser; ce programme doit être révisé et approuvé par le gouvernement.

Divers moyens sont mis à contribution pour concrétiser ces démarches, notamment des lois, des règlements, des décrets, des avis, des directives, des permis et des normes intégrées par référence. Les règlements sont élaborés conformément aux dispositions de l'*Administrative Procedures Act*. Les projets de règlements doivent être publiés dans le *Federal Register*, afin que le grand public ait la possibilité d'exposer son point de vue. Les décrets ne sont pas soumis à cette façon de procéder. Les quatre organismes qui ont reçu, en vertu de la loi, le pouvoir de veiller à l'application courante de la réglementation des activités offshore sont les suivants: le *Department of the Interior* (*Bureau of Land Management and Geological Survey*), le *Department of Transportation* (*Coast Guard and Materials Transportation Bureau*), la *Environmental Protection Agency (EPA)* et le *Department of Defense* (*U.S. Army Corps of Engineers*).

Dans plusieurs domaines, des chevauchements possibles ou réels d'attributions entre diverses autorités compétentes ont été constatés. Les organismes en cause ont négocié des protocoles d'entente pour résoudre ce type de problèmes et en arriver à une plus grande efficacité. Ces documents sont publiés dans le *Federal Register* et le grand public peut les examiner.

De nombreux mécanismes permettent aux organismes de réglementation de s'acquitter de leur mandat. Ces mécanismes vont de l'énoncé des grandes lignes d'une politique générale, à l'établissement de prescriptions extrêmement détaillées sur la conception, l'équipement et les procédés. Dans certains domaines, notamment la formation du personnel et les certificats délivrés aux travailleurs, les États-Unis ont choisi de laisser les sociétés pétrolières s'occuper elles-mêmes des détails. Dans d'autres domaines, par exemple la conception, l'approbation et l'installation de l'équipement de lutte contre les incendies, le contrôle du puits et la sécurité au travail, la réglementation américaine est extrêmement précise et intègre bien souvent les normes et les lignes directrices des industries. Une demande croissante des services du personnel d'inspection de la garde côtière, la complexité de plus en plus grande des techniques employées et le désir de réduire au minimum le rôle du gouvernement dans le secteur privé, ont donné lieu à l'application généralisée du contrôle volontaire et à une participation accrue des sociétés de classification et d'autres sociétés spécialisées au processus de réglementation.

Un fait intéressant en ce qui concerne la réglementation dans le domaine, est l'obligation pour l'exploitant de choisir, parmi les technologies accessibles, la meilleure et la plus sécuritaire (*Best Available and Safest Technology* or BAST), en vertu du paragraphe 21(b) des *OCS Lands Act Amendments*. Cette obligation fournit au *Department of the Interior* et au *Department of Transportation* l'appui juridique nécessaire pour veiller à ce que les technologies employées et les règlements relatifs à la sécurité offshore soient adéquats.

Divers organismes se partagent le rôle d'appliquer la réglementation concernant la conception, la construction et l'inspection des unités de forage. Aux État-Unis, l'intégrité structurelle des plates-formes de forage fixes relève du *Geological Survey*, tandis que la garde côtière est la principale autorité en matière de réglementation des unités mobiles de forage en mer (MODU). Les MODU sont considérées comme des navires et leur navigabilité (résistance et stabilité) relève de la garde côtière, qui est habilitée à faire des inspections pour s'assurer que chaque MODU immatriculée aux États-Unis est conforme au code de classification des MODU du *American Bureau of Shipping* (*Rules for Classification of Mobile Offshore Drilling Units*). Par ailleurs, les MODU immatriculées à l'étranger ne peuvent pas être mises en service dans les eaux américaines, à moins de satisfaire aux mêmes critères que les unités de forage immatriculées aux États-Unis (ces critères sont fixés par la garde côtière). Bien que la garde côtière soit la principale autorité dans ce domaine, le *Geological Survey* est responsable indirectement de la conception et de la construction des MODU, dans la mesure où il exige une preuve de

conformité de la MODU, indiquant entre autres sa capacité de résister aux conditions océaniques et météorologiques et d'exercer ses activités dans une zone donnée.

La réglementation relative au contrôle du puits fait l'objet d'un protocole d'entente entre la garde côtière et le *Geological Survey*. En vertu de cette entente, le *Geological Survey* est chargé de réglementer toutes les activités de forage d'exploration et de production sur des concessions ou des terres qui pourraient faire l'objet d'une concession. Cette réglementation est appliquée au moyen des *Outer Continental Shelf Orders*, qui établissent les règles relatives à l'équipement, aux procédés, à la formation et aux attestations. Par exemple, conformément à l'OCS Order n° 2, le *Geological Survey* oblige le chef de chantier de forage, le maître sondeur ou le représentant désigné par le propriétaire à prendre tous les quatre ans un cours élémentaire sur les procédés et l'équipement de contrôle du puits et tous les ans, un cours de mise à jour des connaissances.

La sécurité au travail est régie par plus d'un ensemble de règlements. La garde côtière élabore actuellement des règlements d'application des *OCS Lands Act Amendments*, qui ont pour but de résoudre certains problèmes à cet égard. Comme dans le cas de la construction et de la conception, les règlements de la garde côtière s'appliquent généralement aux MODU, tandis que ceux du *Geological Survey* concernent les plates-formes fixes. Bien que le mandat de la garde côtière en matière de sécurité au travail découle de la *OCS Lands Act*, un protocole d'entente, conclu entre la garde côtière et la *Occupational Health and Safety Administration*, prévoit que la garde côtière doit veiller à ce que les activités offshore soient exercées conformément aux règlements sur la santé et la sécurité au travail et ne présentent aucun danger notoire.

De nombreux règlements précisent l'équipement et les procédés à employer lorsque se présente une situation d'urgence à bord d'une installation de forage en mer. Il incombe avant tout à la garde côtière de réglementer les mesures et le matériel nécessaires en cas d'urgence et d'abandon, qu'il s'agisse de plates-formes fixes ou mobiles. Il existe en outre des règles relatives à la voie hiérarchique dans une situation d'urgence. Sur les plates-formes fixes, le propriétaire, l'exploitant ou le fondé de pouvoir désigne la personne responsable. Sur les plates-formes mobiles, le capitaine ou la «personne responsable» doit s'assurer que tout le personnel de l'unité et tous les visiteurs savent quel poste occuper et quelles tâches accomplir lorsque survient une urgence. Par suite d'une recommandation du *National Transportation Safety Board*, cet article sera modifié de manière que le capitaine soit désigné comme étant la personne responsable.

Les règlements relatifs à l'inspection, à l'approbation et à la conception de l'équipement de sécurité sont extrêmements précis. Cependant, à l'exception d'une disposition selon laquelle les responsables des embarcations de sauvetage doivent être en mesure de s'acquitter de leurs tâches, aucune mention n'est faite d'exigences particulières quant à la formation ou aux qualifications nécessaires. Contrairement aux autres pays faisant l'objet de notre étude, les États-Unis n'exigent pas la présence continuelle de navires de soutien. Toutefois, des projets de règlements relatifs à la conception, à la construction, au fonctionnement, à la dotation et à l'équipement des navires de service sont actuellement soumis à l'examen du public.

■ *ROYAUME-UNI* Au Royaume-Uni, la responsabilité de la sécurité en mer des installations pétrolières et gazières repose sur l'exploitant. Les règlements contiennent, la plupart du temps, des principes généraux qui laissent à l'exploitant une grande latitude quant à leur application. L'exploitant peut aussi s'inspirer de mesures non réglementaires, notamment des lignes directrices. Les organismes chargés de délivrer les certificats ont un rôle important à jouer concernant l'inspection et l'évaluation, travail complété par l'inspection gouvernementale, qui a pris de

l'ampleur avec les années. En outre, le Royaume-Uni favorise le recours à des organismes du secteur privé, notamment la *United Kingdom Offshore Operators Association* (UKOOA), pour évaluer et préciser les instructions techniques et les règlements à adopter, afin que l'industrie offshore puisse mettre en application les nouvelles technologies utilisables.

La *Continental Shelf Act* de 1964, la *Mineral Workings (Offshore Installations) Act* de 1971, la *Health and Safety at Work Act* de 1974 et la *Oil and Gas (Enterprise) Act* de 1982 constituent le cadre juridique des activités d'exploration et d'exploitation des ressources pétrolières et gazières sur le plateau continental, et de la sécurité du personnel, des installations et de l'environnement. En vertu de ces lois du Parliament, des règlements sont adoptés en vue de préciser les principes de santé et de sécurité qui doivent guider la conception, la construction et l'exploitation des installations offshore. Les lignes directrices, les guides d'exploitation sur le plateau continental, le recueils de règles, les avis aux navigateurs et les normes qui émanent des règlements, fournissent des indications relativement sûres, mais non obligatoires sur la manière de procéder pour atteindre les objectifs fixés. À l'exception de la sécurité des navires et des gens de mer engagés dans les activités d'exploration et d'exploitation du pétrole et du gaz en mer, le *Department of State for Emergency* détient l'entière responsabilité de toutes les questions liées à la sécurité. La *Petroleum Engineering Division*, à laquelle les inspecteurs du *Health and Safety Executive* ont été mutés, est le principal organisme gouvernemental d'inspection.

Le contrôle de la santé et de la sécurité au travail est fondé sur le principe du contrôle volontaire. L'employeur a l'entière responsabilité de veiller à ce que des règles appropriées en matière de santé et de sécurité au travail soient adoptées dans les domaines de son ressort. Il doit en outre faire la preuve, auprès des autorités compétentes, qu'il satisfait aux exigences générales de sécurité. Le rôle de l'organisme d'inspection consiste à assurer un contrôle général, sans donner d'instructions détaillées concernant la manière dont l'employeur doit s'acquitter de ses oligations. À cette fin, les lois se limitent à l'essentiel et les règlements sont rédigés en termes généraux, limitant ainsi au minimum les révisions nécessaires en fonction des changements technologiques. Une réglementation accessoire et des instructions techniques détaillées s'ajoutent aux dispositions ayant force de loi.

Dans le cadre d'un système de contrôle volontaire, la consultation entre le gouvernement et l'industrie pétrolière concernant la rédaction des règlements et des lignes directives revêt une grande importance. La loi rend cette consultation obligatoire. Un comité consultatif de l'industrie pétrolière a été mis sur pied, mais le principal instrument de communication avec l'industrie pétrolière est l'UKOOA qui représente tous les exploitants. L'UKOOA joue un rôle important dans l'évaluation et la mise à jour des lignes directrices en rédigeant les avant-projets d'instructions techniques pour le *Department of Energy* et en établissant des lignes directrices facultatives à l'intention de ses membres.

Le *Department of Energy* a autorisé cinq sociétés de classification et un groupe indépendant à évaluer les unités de forage et à délivrer les certificats de conformité. Le propriétaire de l'unité de forage choisit et rétribue l'organisme qui est responsable auprès du *Department of Energy* de l'application des règlements et des lignes directrices. Aucune unité de forage mobile ou fixe ne peut exercer ses activités sur le plateau continental si elle ne détient pas un certificat de conformité. Le propriétaire doit veiller à ce que la conception, la construction et l'entretien de son unité soient adéquats.

Les problèmes liés au contrôle du puits nécessitent une réaction rapide et souple, adaptée aux circonstances. Les lois et règlements définissent les objectifs obligatoires et les lignes directrices fournissent des indications quant à la manière de les atteindre. Grâce au système des permis, le ministre dispose d'une grande

latitude quant à la façon dont les champs pétroliers peuvent être mis en valeur et exploités. En plus du règlement comme tel, une vaste gamme d'instructions découlant du règlement, précisent les pratiques à observer pour assurer la sécurité des installations. En vertu du règlement, un manuel relatif aux mesures d'urgences doit être établi. Des dispositions spécifiques du règlement portent sur la sécurité au travail et sur les qualifications exigées des cadres, du personnel affecté aux héliports, du personnel médical et des opérateurs radio. De même, des certificats d'aptitudes sont exigés du personnel affecté au contrôle du puits. Dans tous les autres cas, il incombe au propriétaire de s'assurer que son personnel est «compétent». Toutes les installations offshore doivent compter un directeur responsable de toutes les questions relatives à la sécurité, à la santé et au bien-être du personnel. C'est lui qui commande et il possède l'autorité absolue lors d'une situation d'urgence.

Il existe en outre des règlements concernant les consignes d'urgence, les appareils de sauvetage et l'équipement de lutte contre les incendies qui doivent être approuvés. Des manuels sur les mesures d'urgence sont nécessaires et les règlements exigent qu'un navire de soutien se tienne constamment à moins de cinq milles marins de toute installation sur laquelle se trouve du personnel. L'UKOOA a établi des lignes directrices à l'intention de ses membres concernant la formation sur la sécurité offshore et les exercices de sécurité relatifs au puits. Elle a également mis au point un plan de coordination avec d'autres pays engagés dans des activités d'exploitation pétrolière en mer du Nord, afin que ces pays s'entraident lorsque se produit une situation d'urgence.

■ *CANADA* Bien que le Canada détienne des droits exclusifs sur les ressources en hydrocarbures du plateau continental canadien, il n'a encore adopté aucune loi qui lui donne juridiction sur les plates-formes de forage en mer. Le Code criminel, par exemple, ne s'applique pas aux plates-formes immatriculées à l'étranger; la loi commune canadienne non plus. Lorsqu'il n'existe ni loi, ni règlement canadiens, seules les règles et les normes de l'État du pavillon s'appliquent. L'exploration pétrolière sur le plateau continental canadien est régie par la Loi sur le pétrole et le gaz du Canada et la Loi sur la production et la conservation du pétrole et du gaz, dont découle le Règlement sur les terres pétrolifères et gazifères du Canada. L'autorité responsable de leur application est l'Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada (APGTC). En vertu de la Constitution canadienne, la navigation et la marine marchande relèvent du gouvernement fédéral; le ministère des Transports est l'organisme compétent. Dans la loi canadienne, la qualité juridique des unités mobiles de forage est imprécise. Un protocole d'entente conclu en 1982 entre la Garde côtière canadienne et l'APGTC établit les modalités d'un accord de collaboration entre les deux organismes. Cette entente prévoit, entre autres, des services maritimes sur le plateau continental et l'inspection des unités mobiles de forage qui s'y trouvent. En vertu de ce protocole d'entente, la Garde côtière administre les lois et règlements s'appliquant aux navires de soutien et de service. En outre, la Direction de la sécurité des navires de la Garde côtière doit s'assurer que les normes provisoires concernant la conception, la construction et l'exploitation des MODU sont bien appliquées.

Au lieu de règlements détaillés, le principal instrument utilisé pour régir la conception, la construction et l'exploitation des installations offshore, est le système de demande d'autorisation ou de permis. Des renseignements concernant chaque projet de construction d'une unité de forage doivent être fournis; ces renseignements sont ensuite analysés et évalués. L'entrepreneur doit d'abord obtenir une «approbation du programme de forage», puis une «autorisation de forage».

On ne trouve pas dans le régime fédéral de réglementation, un ensemble de règlements qui s'appliqueraient exclusivement aux critères de conception et de construction des installations offshore, ou aux certificats délivrés pour ces installa-

tions. Toutefois, le régime d'approbation du programme de forage établit les renseignements et les conditions nécessaires. L'unité doit être en mesure de résister aux conditions environnementales prévisibles. Le processus d'approbation prévoit en outre des conditions spécifiques relatives à la conception et à l'équipement des unités de forage. Le directeur de la conservation de l'APGTC doit avoir en main toutes les données pertinentes à la conception et à la construction afin de les évaluer; il peut en outre inspecter en tout temps l'unité et son équipement.

Le contrôle du puits est régi au moyen de l'«approbation du programme de forage», qui nécessite des renseignements détaillés sur l'analyse géologique, et par d'autres règlements qui précisent les procédés et l'équipement à employer. Les règlements indiquent aussi un certain nombre de procédés et d'équipement de sécurité à utiliser pour assurer la sécurité au travail. Ils obligent l'exploitant à faire en sorte, que des membres du personnel ayant reçu la formation nécessaire sachent se servir de cet équipement et que des méthodes de travail sécuritaires soient appliquées à l'ensemble des activités. La seule mention d'une formation obligatoire est la disposition selon laquelle tous les superviseurs, contremaîtres et chefs de chantiers de forage doivent suivre et réussir, une fois tous les trois ans, un cours agréé sur le contrôle du puits.

Des dispositions disséminées dans les règlements traitent des critères et de l'équipement relatifs aux situations d'urgence, aux exercices de sécurité, à la formation et aux plans d'urgence. Des prescriptions portent en outre sur les navires de soutien adéquats pour l'évacuation du personnel des plates-formes de forage et sur l'équipement de sauvetage dont ils doivent être munis. Chaque exploitant est tenu de s'assurer qu'on donne la priorité, parmi toutes les activités, à celles qui sont nécessaires à la sécurité du personnel employé sur les lieux du forage ou sur une embarcation de soutien. Il doit en outre veiller à ce que des membres du personnel ayant reçu une formation adéquate soit en mesure de se servir de toute pièce d'équipement.

■ *ANALYSE* La question de la réglementation est abordée différemment selon le pays en cause. Des différences importantes existent quant au mode de réglementation et aux techniques de contrôle, ainsi qu'à la précision des règlements et prescriptions. Le contexte juridique varie également d'un pays à l'autre et par conséquent, l'attitude adoptée par rapport à l'importance et à la forme du contrôle gouvernemental diffèrent. On trouve donc trois modes de contrôle parmi les quatre compétences territoriales étudiées. Le premier est fondé sur un système d'autorisations obligeant à la diffusion de renseignements et le respect des lois et règlements. Le gouvernement canadien applique largement ce mode de contrôle, ainsi que le Royaume-Uni, qui expose ses objectifs au moyen de «clauses types», de règlements de nature générale et de mesures non réglementaires, comme par exemple des lignes directrices. Il revient à l'exploitant de s'assurer que les normes de sécurité souhaitables ou établies sont appliquées.

Le deuxième mode de contrôle consiste à confier à un organisme non gouvernemental la tâche de s'assurer que l'unité de forage en mer, l'équipement ou les procédés employés sont sécuritaires. Cette manière de procéder s'apparente à la méthode appliquée dans de nombreux pays à l'égard des navires et des sociétés de classification. Les normes et les méthodes d'inspection d'organismes non gouvernementaux sont appliquées intégralement, sans réglementation par l'État. L'État se dégage donc de la responsabilité de fixer les détails en matière de sécurité. Au Royaume-Uni, aux États-Unis et au Canada, cette responsabilité revient principalement aux sociétés de classification. En Norvège, elle revient en partie à l'exploitant au moyen d'un système de contrôle interne, bien que des normes et des règlements soient bien souvent établis par le gouvernement.

Selon le troisième mode de contrôle, il est nécessaire de réglementer certains aspects particuliers. Des exigences bien précises peuvent être établies concernant

le type d'équipement ou le nombre d'appareils, comme par exemple les extincteurs d'incendie. Les critères de performance de l'équipement peuvent être définis. Une autre façon de procéder consiste à appliquer des normes établies par un organisme non gouvernemental ou à définir les critères d'inspection. On peut mettre l'accent sur la performance de l'équipement de sécurité ou sur la compétence du personnel qui s'en sert.

Les régimes de réglementation américain et norvégien ont tendance à être très explicites. En Norvège, de nombreuses lois régissent les caractéristiques de l'equipement, les procédés et la formation. En outre, des contrôles intermittents et l'examen de documents devant être soumis au gouvernement permettent de vérifier si les unités de forage en mer sont conformes à la loi. L'exploitant est tenu d'instaurer un «système de contrôle interne» assurant la sécurité de l'unité de forage et de son personnel, mais le gouvernement exerce un contrôle étroit des activités des sociétés pétrolières. Ce système de contrôle interne oblige l'exploitant a mettre au point une méthode visant à garantir la sécurité des activités et leur conformité aux règles établies par le gouvernement. La réglementation des États-Unis est moins spécifique que celle de la Norvège, mais elle comprend tout de même une multitude de règlements relatifs à l'équipement et de règles concernant les inspections auxquels l'exploitant doit se conformer s'il veut obtenir les certificats nécessaires. Les nouvelles dispositions relatives au choix, parmi les technologies accessibles, de la meilleure et de la plus sécuritaire (BAST), offrent la possibilité aux organismes de contrôle de déterminer si l'équipement et les procédés choisis présentent des risques et s'ils sont conformes aux critères établis.

La plus grande sécurité possible est obtenue au moyen d'un équilibre entre l'application certaine de dispositions par l'exploitant et une marge de souplesse du régime permettant l'adaptation aux technologies ou aux situations nouvelles. L'efficacité des activités de forage doit également être prise en considération. Un contrôle externe excessif augmente les frais d'exploitation. Il faut en outre faire en sorte qu'il soit possible de vérifier si la réglementation est effectivement appliquée et veiller à ce qu'elle s'administre facilement. Lors du choix du mode de réglementation et des techniques d'application du régime, on doit en arriver à un équilibre acceptable de tous ces éléments.

Les cinq compétences dont il est question dans le rapport s'entendent toutes sur le besoin de confier la responsabilité de la sécurité des installations offshore au plus petit nombre possible d'organismes de réglementation. Au Royaume-Uni par exemple, cette reponsabilité repose fondamentalement sur un seul organisme. Aux États-Unis, deux ministères se partagent en grande partie ce mandat. Ces deux ministères sont habilités à publier des textes réglementaires, mais une entente interministérielle permet d'éviter le double emploi et la confusion dans les domaines où les attributions se recoupent. En Norvège, deux directions s'occupent de la coordination de la sécurité offshore: l'une est chargée des unités fixes de forage, l'autre des unités mobiles. Au Canada, le gouvernement fédéral et le gouvernement de Terre-Neuve ont tous les deux un organisme chargé de jouer le principal rôle en matière de gestion des ressources offshore.

Les activités d'exploitation des ressources pétrolières en mer nécessitent l'emploi des compétences de deux industries: l'industrie pétrolière et l'industrie maritime. Le Canada a une vaste expérience dans ces deux domaines. Cependant, il possède peu d'expérience de l'industrie offshore, qui intègre ces deux secteurs d'activité. Les États-Unis ont aussi une vaste connaissance des questions liées aux ressources pétrolières et gazières et ils possèdent une longue tradition de réglementation maritime. Le Royaume-Uni et la Norvège possèdent relativement une plus grande expérience dans le domaine maritime que dans celui des ressources pétrolières et gazières. Néanmoins, les activités d'exploitation des ressources pétrolières en mer menées à l'extérieur du Canada indiquent qu'il n'est pas pru-

dent de négliger l'aspect maritime de l'industrie offshore. On peut donc affirmer que la sécurité des installations offshore peut être considérée aussi bien au point de vue de l'industrie maritime que du point de vue de l'industrie pétrolière.

Le gouvernement fédéral essaie de concentrer la responsabilité de la gestion des ressources offshore (dans le sens le plus général du terme) en un seul organisme, tout en mettant à profit la compétence d'autres organismes, au besoin. Le gouvernement de Terre-Neuve a confié la gestion des ressources pétrolières et gazières à un seul organisme. Il doit donc, par la force des choses, laisser la responsabilité de l'élément maritime des activités offshore à un organisme fédéral. La tâche des administrateurs canadiens consiste à déterminer si ce genre de concentration est souhaitable et, dans l'affirmative, à s'assurer que celle-ci ne se fait pas au détriment du rôle légitime d'autres organismes.

Dans chacun des cas étudiés, la réglementation dans le domaine de la sécurité des installations offshore soulève les mêmes difficultés. Il s'agit par exemple de déterminer si une question particulière doit être réglementée, le mode de réglementaiton à employer et, au besoin, les techniques d'application. Pour être en mesure de résoudre ces difficultés, il faut posséder des connaissances approfondies de tout ce qui concerne les unités de forage en mer et des innovations technologiques qui peuvent influer sur la sécurité. Le gouvernement peut prendre des décisions unilatérales, ou bien consulter, de façon officielle ou officieuse, des représentants de l'industrie offshore. Une réglementation unilatérale, sans consultation de l'industrie offshore, présuppose une vaste connaissance des activités offshore de la part du gouvernement. Il n'est peut-être pas réaliste de s'attendre à ce qu'un gouvernement, quel qu'il soit, possède ce genre de compétence. Par conséquent, la plupart des gouvernements consultent effectivement l'industrie offshore de façon officielle ou officieuse.

Le principal rôle que doit jouer le gouvernement à l'égard de la sécurité offshore consiste à adopter et à appliquer des lois et des règlements. Lorsque les lois et règlements sont vagues et du type «déclaration de bonnes intentions», ils sont d'autant plus difficiles à appliquer. Des difficultés d'application surgissent également lorsque le gouvernement ne possède pas la compétence voulue pour vérifier si les règlements explicites sont effectivement appliqués, ou lorsque rien n'incite l'industrie offshore à les appliquer. La tâche de veiller à ce que les lois et règlements soient appliqués peut être confiée à des groupes auxquels est délégué le pouvoir d'inspection, comme les sociétés de classification, ou d'autres organismes spécialisés. La crainte des inspections effectuées au hasard et, par voie de conséquence, de l'obligation d'appliquer les lois et règlements, peut être efficace si les peines sont suffisamment sévères.

Le fait que le régime de réglementation canadien soit le moins élaboré de tous ceux qui ont été étudiés, se reflète dans la manière dont le Canada considère actuellement certaines questions, notamment la qualité juridique des installations offshore, la dotation et la formation, la construction et la conception, la sécurité au travail et les mesures et l'équipement d'urgence.

Au Canada, il est primordial de légiférer afin que les lois et règlements canadiens, et non les lois étrangères, régissent toutes les activités à bord d'une installation offshore dans les limites du droit international. Le Canada doit exhorter d'autres États à se soumettre à l'autorité de l'État du plateau, favorisant ainsi l'émergence de règles internationales. Il faudrait s'assurer qu'il n'existe pas d'ambiguïtés dans la législation relative à la sécurité dans la structure administrative, concernant les unités de forage fixes et mobiles et les plates-formes de production. En outre, il doit être précisé dans la loi que les installations offshore ne doivent pas être considérées comme des navires et qu'elles nécessitent des règlements distincts en matière de sécurité. Par ailleurs, il faut considérer les installations offshore comme des entités distinctes dans les règlements, pour éviter toute

équivoque entre une plate-forme engagée dans des activités de forage et une plate-forme qui ne l'est pas. La Norvège a procédé de la sorte. Dans la règlementation des États-Unis, on établit une distinction entre les installations fixes et les installations mobiles. Au Royaume-Uni, il existe un ensemble de règlements pour les installations offshore, qu'elles soient fixes ou mobiles. Des règlements s'appliquant aux navires sont bien souvent inadéquats pour les installations offshore. Cela s'avère particulièrement vrai au Canada, où la *Loi sur la marine marchande du Canada* (dont découlent les règlements sur la navigation) a été adoptée au milieu des années 1800: à l'époque, la technologie offshore était pratiquement inexistante.

Les besoins en dotation et en formation de personnel sur un navire diffèrent grandement de ceux qui s'appliquent à une installation offshore. Pourtant, au Canada, les seuls dispositions relatives à la dotation qui peuvent s'appliquer aux plates-formes de forage se trouvent dans la *Loi sur la marine marchande du Canada*. Au Royaume-Uni, il n'existe aucune prescription relative à la dotation, à l'équipement ou aux mesures d'urgence. La situation aux États-Unis est semblable à celle qui a cours au Canada, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de règlements concernant la dotation et la formation. La *U.S. Coast Guard* a établi des règles détaillées concernant les certificats seulement pour les membres du personnel qui s'acquittent de tâches conventionnelles du domaine maritime sur une unité de forage offshore; des règlements distincts obligent ceux qui occupent des postes supérieurs sur une plate-forme, à suivre un cours complet sur le contrôle du puits. Dans son rapport sur l'*Ocean Ranger*, le *National Transportation Safety Board* a recommandé l'adoption de nouveaux règlements sur la dotation et la formation du personnel affecté à certaines tâches particulières et aux mesures d'urgence. Des mesures sont prises pour que cette recommandation soit appliquée. Les règles détaillées relatives à la dotation et à la formation du personnel occupant des postes clé sur une unité mobile de forage en mer, constituent un point fort du système norvégien de réglementation. Pour certains postes, les cours et l'expérience sont des exigences préalables importantes. Les cadres supérieurs doivent détenir des certificats de formation maritime et avoir suivi des cours portant sur des activités spécifiques de forage.

Le gouvernement fédéral canadien est le seul qui ne possède pas de règles et de critères précis concernant la conception et la construction des installations offshore. Pour obtenir une «approbation du programme de forage», l'intéressé doit présenter à l'Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada des renseignements détaillés sur la conception et la construction de l'unité de forage qu'il souhaite employer. Le Code MODU (OMI), que Transports Canada utilise pour établir des critères provisoires, constitue un ensemble de normes toutes faites relatives aux installations offshore (il ne faut pas oublier toutefois que le Code OMI est incomplet). L'accent est donc mis sur la qualité de l'équipement, tandis que des lacunes persistent quant aux prescriptions relatives à la compétence du personnel des installations offshore. Les États-Unis et la Norvège possèdent tous deux une réglementation abondante et détaillée dans ces domaines. Au Royaume-Uni, les normes à respecter et l'équipement à employer font l'objet de lignes directrices qui n'ont pas force de loi et qui sont constamment révisées, en consultation avec les parties intéressées.

La solution en matière de sécurité de la construction et de la conception, semblerait se trouver dans le contrôle des travaux entrepris et la tenue d'inspections complètes. Généralement, ce sont les sociétés de classification qui sont chargées des inspections, pour les propriétaires des installations; des ministères fournissent leur aide quand leurs compétences sont nécessaires. Ce serait le rôle du gouvernement , avec l'aide d'experts en la matière, de déterminer l'équipement à vérifier, la fréquence des inspections à tenir et les normes à respecter.

Au Royaume-Uni et en Norvège, il existe une réglementation de la sécurité au travail. Dans les deux cas, l'exploitant et les employés d'une installation offshore sont tenus de remplir certaines obligations. Aux États-Unis, on élabore actuellement une réglementation à cet égard, tandis qu'au Canada il n'existe à peu près rien dans la loi à ce sujet. La nécessité de déterminer des obligations concernant la sécurité au travail est manifeste.

Toutes les autorités compétentes examinées possèdent des règlements détaillés concernant les mesures et l'équipement d'urgence. Dans tous les cas, l'État participe étroitement à l'inspection de l'équipement et veille à ce qu'un plan d'urgence soit en vigueur. Au Royaume-Uni, le type d'équipement qui doit être utilisé à bord d'une installation offshore est précisé dans les règlements. Un manuel sur les mesures d'urgence doit être rédigé pour chaque installation. La voie hiérarchique est clairement définie: le directeur de l'installation dirige l'ensemble des activités qui s'y déroulent. Les règlements américains prévoient que la voie hiérachique doit être facilement identifiable lors d'une situation d'urgence et que le capitaine est le maître à bord, à moins d'indications contraires de la part de l'exploitant. Ce dernier doit rédiger un manuel des consignes de sécurité s'appliquant aux situations d'urgence; au moment de l'inspection, ce manuel doit être prêt à utiliser. Les règlements relatifs aux mesures et à l'équipement de sécurité en Norvège contiennent des prescriptions à l'égard de la formation et déterminent la voie hiérarchique à bord. Les dispositions relatives à la sécurité du personnel sont nombreuses et détaillées; le système des délégués responsables de la sécurité est appliquée aux activités offshore. Au Canada, la réglementation relative à l'équipement et aux mesures d'urgence revêt diverses formes: équipement nécessaire et critères de conception, exercices de sécurité, formation du personnel et plans d'urgence. Les plans d'urgence doivent être facilement accessibles sur chaque unité et ils doivent être fournis sur demande aux autorités gouvernementales. Il n'existe aucune prescription relative à la formation, mais des exercices de sécurité sont obligatoires. Il faut étudier en priorité la sécurité du personnel sur les installations offshore et légiférer dans ce domaine.

En vue de déterminer quels devraient être les objectifs et l'organisation administrative du régime de réglementation canadien concernant la sécurité offshore, il a été utile d'examiner ce que d'autres pays ont fait à cet égard. Cependant, il n'y a pas lieu de suivre leur exemple les yeux fermés. En effet, ce qui convient au plateau continental norvégien ne s'applique pas nécessairement à la côte est du Canada. Le Canada ne doit pas non plus se laisser intimider par la compétence supérieure que possèdent d'autres pays dans ce domaine, puisque cette expérience ne permet pas de résoudre de façon systématique tous les problèmes que pose l'exploitation des ressources pétrolières et gazières dans un environnement hostile. La perte de l'*Ocean Ranger* a forcé le Canada à prendre en considération l'état de la législation en matière de sécurité s'appliquant aux unités de forage au large des côtes. Les questions sur lesquelles il y a lieu de se pencher à ce moment-ci sont les suivantes. Est-il souhaitable de confier l'application de la réglementation à un organisme unique? Quel rôle la réglementation peut-elle avoir sur la sécurité? Jusqu'à quel point chaque personne se trouvant sur une installation offshore est-elle responsable de sa propre sécurité? Quelle est la meilleure manière de procéder pour qu'une sécurité adéquate de l'environnement offshore existe et soit maintenue?

[N.D.L.R. Au moment où la rédaction de ces rapports a été impartie par contrat en 1983, un double système de réglementation régissait les opérations sur les Grands bancs. Depuis ce temps, les tribunaux de la cour ont donné au gouvernement fédéral l'entière juridiction sur les activités de forage en mer. Au moment de la rédaction de ce résumé, le gouvernement du Canada et le gouvernement de Terre-Neuve négociaient une entente à ce sujet et rien n'avait transpiré de la structure de gestion qui en résulterait.]

GESTION DE LA RÉGLEMENTATION CANADIENNE

(1) Analyse du processus de réglementation des activités de forage sur la côte est du Canada
(2) Analyse des attributions des organismes de réglementation
National Petroleum and Marine Consultants Limited,
Saint-Jean, Terre-Neuve,
juin 1984/juin 1984

Le mandat de l'Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada (APGTC) est d'administrer l'exploration et l'exploitation du pétrole et du gaz des terres du Canada, c'est-à-dire du territoire qui, en vertu de la loi, ne relève d'aucune province. Le principal objectif de la création de l'APGTC était de centraliser, au sein d'un seul organisme, les fonctions d'administration des activités pétrolières et gazières qui étaient auparavant partagées entre le ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien, pour ce qui est des terres du Canada situées au nord des limites administratives définies dans l'Annexe IV du *Règlement sur les terres pétrolifères et gazifères du Canada*, et le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, pour les terres situées au sud de cette limite.

L'APGTC a été formée en 1981, en prévision de l'adoption de la *Loi sur le pétrole et le gaz du Canada*, proclamée en mars 1982, en même temps que des amendements à la *Loi sur la production et la conservation du pétrole et du gaz*. En vertu de son mandat, qui est de gérer les activités se rapportant au pétrole et au gaz des terres canadiennes, l'APGTC est devenue le principal intermédiaire entre le gouvernement et l'industrie pétrolière. Elle négocie les accords d'exploration, autorise toutes les activités d'exploration et d'exploitation du pétrole et du gaz des terres du Canada, inspecte les chantiers d'exploration et de production et coordonne l'élaboration des plans de retombées au Canada et la solution des problèmes liés à l'environnement.

Bien qu'un seul organisme regroupant des éléments de deux ministères ait été formé, les deux ministres intéressés ont conservé leurs secteurs respectifs de responsabilité au nord et au sud de la limite administrative. L'APGTC est un organisme administratif bien particulier: il ne s'agit pas d'un programme ou d'une direction faisant partie d'un ministère donné et il ne possède pas non plus l'autonomie d'une société de la Couronne. Cet organisme ne peut être comparé à aucun autre organisme fédéral existant, puisqu'il s'agit d'un organisme administratif investi d'une responsabilité fonctionnelle auprès de deux ministres, qui lui confèrent ses pouvoirs. Elle peut exercer ceux-ci dans la mesure où les deux ministres lui délèguent des attributions. En vertu du protocole d'entente qui a entériné la formation de l'APGTC, les deux ministères concernés ont confié à l'APGTC leurs mandats respectifs en matière de gestion des ressources pétrolières et gazières des terres du Canada. Cependant, au chapitre de la politique et du fonctionnement, chaque ministère a conservé une grande partie de ses prérogatives avec lesquelles l'APGTC doit compter pour coordonner ses propres activités.

L'APGTC est dirigée par un administrateur qui a le mandat de prendre toutes

les décisions pratiques courantes. Il est le principal responsable de l'application de la *Loi sur le pétrole et le gaz du Canada*. En vertu de la *Loi sur la production et la conservation du pétrole et du gaz*, l'administrateur porte également le titre de directeur de la conservation. L'administrateur relève des sous-ministres des deux ministères qui lui donnent des directives quant à la coordination des activités de l'APGTC avec celles des activités pertinentes de leur ministère respectif. Le comité de révision de la politique de l'APGTC, qui compte parmi ses membres des hauts fonctionnaires des deux ministères, donne des avis concernant la politique et veille à ce que les décisions de principe de l'APGTC respectent les exigences de la politique de l'énergie et de la politique des affaires du Nord.

L'APGTC comprend six grandes directions. La Direction générale du génie est chargée de réglementer et de contrôler le forage exploratoire, ainsi que les activités de mise en valeur des ressources et de production sur les terres du Canada. La Direction administre et applique la *Loi sur la production et la conservation du pétrole et du gaz*. Elle doit en outre veiller à ce que l'exploitant prenne toutes les mesures nécessaires concernant la sécurité du personnel, la lutte contre la pollution et la conservation des ressources. La Direction générale de la gestion foncière a pour mandat de négocier, transférer et gérer les droits d'exploration et de production sur les terres du Canada. Quant à la Direction générale de l'évaluation des ressources, elle approuve les programmes d'études géophysiques et géologiques et évalue le potentiel pétrolier et gazier des terres du Canada, en vue d'établir la politique de gestion des ressources. Ce service doit également identifier les risques que présentent les fonds marins, les éléments de surface et les formations souterraines pour la sécurité du forage, du transport ou de la production. Pour sa part, la Direction générale de la protection de l'environnement veille à ce que les projets d'exploitation soient sans danger pour les régimes biologiques et physiques et qu'ils soient acceptables pour les collectivités de la côte. Elle administre le Fonds renouvelable pour l'étude de l'environnement (sud) et évalue et approuve les plans d'urgence relatifs à l'environnement et à la sécurité du personnel. La Division des retombées au Canada doit veiller à ce que les plans des retombées au Canada soumis par les exploitants soient conformes aux exigences du ministre. La Division des politiques et de la coordination doit coordonner les attributions et les rôles relatifs à la gestion des activités pétrolières et gazières des terres du Canada qui sont partagés entre l'APGTC et des ministères fédéraux et provinciaux, et analyser, élaborer, interpréter et mettre en application la politique à cet égard.

L'APGTC compte deux bureaux régionaux sur la côte est du Canada. Ils sont situés à Terre-Neuve et en Nouvelle-Écosse. Leur mandat consiste à interpréter, à l'intention des exploitants de leur région, les exigences de l'APGTC en matière de sécurité, à communiquer avec les représentants de l'industrie et des gouvernements provinciaux au sujet des questions de sécurité et à contrôler et à inspecter les installations offshore, afin de s'assurer que les prescriptions de l'APGTC concernant la sécurité sont bien appliquées. En outre, les bureaux régionaux sont chargés d'accorder les «autorisations de forage». Les fonctions de contrôle régional et d'inspections sur place sont sans doute les tâches les plus importantes dont doivent s'acquitter les bureaux régionaux. À cet égard, ils exercent un pouvoir discrétionnaire dans la plupart des cas et ils consultent au besoin l'administration centrale à Ottawa. Étant donné qu'en vertu de l'Entente Canada-Nouvelle-Écosse sur les ressources sous-marines, l'APGTC détient la responsabilité administrative en matière de réglementation et de gestion des ressources pétrolières au large des côtes, le bureau régional de la Nouvelle-Écosse relève de l'Office Canada-Nouvelle-Écosse du pétrole et du gaz, qui est chargé d'administrer cette entente, ainsi que de l'administration centrale de l'APGTC à Ottawa.

À part l'APGTC, de nombreux programmes et organismes du gouvernement

fédéral sont responsables de certains aspects des activités offshore, en vertu d'une loi ou d'une entente administrative. La Garde côtière canadienne (GCC) est responsable, principalement par l'entremise de sa Direction de la sécurité maritime, de l'aspect maritime des activités des unités de forage et des navires de soutien, ainsi que de leurs systèmes de sécurité connexes. Son pouvoir de réglementation lui est conféré en vertu de la *Loi sur la marine marchande du Canada*, dans le cas des plates-formes et des navires battant pavillon canadien, et du protocole d'entente conclu entre la GCC et l'APGTC, pour ce qui est des unités de forage et des navires de soutien immatriculés à l'étranger qui détiennent un permis de l'APGTC les autorisant à exercer leurs activités dans les eaux territoriales canadiennes. Des attributions secondaires en matière de sécurité offshore reviennent à d'autres ministères fédéraux, notamment Pêches et Océans, Communications, Transports, Environnement, Affaires indiennes et du Nord, Emploi et Immigration, Santé et Bien-être et Travail. L'APGTC entretient en outre des rapports plus informels avec l'Organisation maritime internationale, le comité sur la sécurité en mer du nord-ouest de l'Europe, le *Norwegian Petroleum Directorate*, le *United Kingdom Department of Energy* et le *United States Geological Survey*.

L'APGTC n'a aucun lien direct avec les sociétés de classification, si ce n'est pour retenir leurs services à titre d'organismes consultatifs. Quant à l'industrie pétrolière comme telle, l'APGTC n'a pas établi de mécanisme officiel et unique de liaison avec elle, bien que des rapports officieux et quasi-officiels soient maintenus.

■ *LA LÉGISLATION* Le régime de réglementation appliqué par l'APGTC découle en grande partie de la Loi sur le pétrole et le gaz du Canada et de la Loi sur la production et la conservation du pétrole et du gaz. Ces deux lois réunies établissent les règles concernant l'octroi des droits d'exploration et de production du pétrole et du gaz, le régime fiscal s'appliquant aux activités pétrolières et gazières, les mécanismes de transition de l'ancien régime au nouveau et les grandes lignes des instructions techniques et des critères de sécurité au travail applicables aux activités d'exploitation des ressources sur les terres du Canada.

Il existe un certain nombre d'ententes et de conventions internationales sur la sécurité en mer des navires et des installations de forage. La Convention internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer (*Safety of Life at Sea* ou SOLAS) dont le Canada est partie, en est un exemple. En outre, le Code MODU de l'OMI définit les prescriptions minimales concernant la conception, la construction et l'armement de ces installations. Les États membres de l'OMI, comme le Canada, entérinent généralement les dispositions de ces conventions au moyen de règlements, mais ils peuvent adopter des règles plus rigoureuses et plus détaillées. Les normes provisoires concernant les MODU qui ont été élaborées par la Garde côtière et par l'APGTC s'inspirent du Code MODU, mais à l'heure actuelle, les normes provisoires n'ont pas force de loi.

■ *LES DEMANDES ET PERMIS* Les mécanismes permettant d'obtenir du gouvernement l'autorisation de forer un puits comprennent deux étapes: l'approbation du programme de forage et l'autorisation de forage. La première étape consiste pour l'exploitant à faire approuver, en vertu du *Règlement sur les terres pétrolifères et gazifères du Canada*, un programme de forage dans une région donnée, pour une période déterminée, n'excédant pas trois ans. Dans la demande d'approbation de son programme de forage, l'exploitant doit préciser le genre d'installation de forage, les embarcations de soutien connexes et les consignes d'urgence qu'il se propose d'employer. Il doit faire approuver son programme de forage par le directeur de la conservation. En deuxième lieu, l'exploitant doit obtenir une autorisation de forage, également délivrée en vertu du *Règlement sur les terres pétrolifères et gazifères du Canada*. Il s'agit essentiellement d'un permis autorisant l'exploitant à forer un puits donné, dans le cadre d'un programme de forage approuvé. L'exploi-

tant doit indiquer dans sa demande d'autorisation de forage, les procédés de forage, les dispositifs anti-éruption et le programme de tubage et d'évaluation prévus. L'autorisation de forage est accordée par le Directeur de la conservation ou par un gestionnaire régional compétent de l'APGTC. En plus de renseignements techniques exigés dans le règlement, la demande d'autorisation de forage doit contenir toute autre information que le directeur de la conservation juge nécessaire.

■ *LES INSPECTIONS ET LES CONTRÔLES* Outre l'inspection des installations faite avant l'approbation du programme de forage, l'APGTC fait régulièrement des inspections sur place et des contrôles de sécurité; en général, ce sont les ingénieurs et les technologues des bureaux régionaux de l'APGTC qui en sont chargés. L'APGTC compte en outre sur la Garde côtière pour vérifier et approuver les normes de conception et de construction des installations de forage et des navires de soutien, ainsi que les systèmes connexes de sécurité, l'utilisation et la dotation des navires et l'équipement dont ils doivent être munis. Des rapports doivent être rédigés concernant chaque inspection et ces rapports doivent être diffusés aux bureaux régionaux, à la Direction du génie à Ottawa et à l'exploitant. En outre, l'exploitant doit faire rapport périodiquement à l'APGTC et à d'autres organismes gouvernementaux. Ces rapports doivent contenir de nombreux renseignements, notamment des données sur le forage, des observations météorologiques, des diagraphies ou les conditions du milieu physique, un résumé des principaux événements, des rapports pétrographiques, des renseignements sur les indices d'hydrocarbures et des rapports d'accidents lorsqu'il y a des blessés ou des morts. L'APGTC doit exercer un contrôle de ces activités et s'assurer que l'exploitant remplit ses obligations. Toute défectuosité ou anomalie constatée à l'occasion de ces contrôles ou inspections doit être signalée le plus tôt possible à l'exploitant. La plupart du temps, des indications formelles sont fournies à l'exploitant sous forme de «directives». Quelles que soient les mesures prises, on essaie toujours de tenir l'exploitant au courant de la situation.

Les mesures prévues sont relativement simples. L'inspecteur qui a constaté l'anomalie doit d'abord remettre un avis au représentant sur place de l'exploitant. Cet avis est ensuite transmis par télex aux bureaux de l'exploitant. En général, ces mesures suffisent pour que l'exploitant fasse promptement le nécessaire. Toutefois, lorsque l'anomalie constatée n'est pas corrigée, une lettre d'avertissement indiquant le délai fixé est envoyée à l'exploitant. Le règlement prévoit des amendes, mais la sanction employée généralement consiste à retirer son permis de forage à l'exploitant, l'obligeant ainsi à cesser ses activités.

■ *ANALYSE* La question générale du mode d'organisation et des autorités compétentes est peut-être le point le plus important qui ressort de l'étude des régimes de réglementation. Cette question controversée, qui a été identifiée dans le rapport Burgoyne, étant la principale faiblesse du régime de réglementation au Royaume-Uni, a également été reconnue comme une source de problèmes par un certain nombre d'autres pays. Il est difficile de prévoir les incidences précises que peuvent avoir les chevauchements ou les répartitions imprécises de responsabilités sur la sécurité, mais il paraît évident qu'une telle confusion peut entraîner des conflits d'application, des délais dans l'élaboration ou l'amendement des lois et un manque de coopération de la part des représentants de l'industrie, qui sont contrariés.

Le simple fait qu'un examen de l'efficacité des régimes de réglementation effectué dans de nombreux pays mette en lumière des problèmes de même nature, illustre bien les difficultés inhérentes à l'établissement d'un régime harmonieux et efficace de réglementation des activités d'exploration en mer. Ces difficultés sont directement liées à la nature particulière de cette activité professionnelle. Il existe des oppositions et des chevauchements naturels entre les directives qui

concernent les installations fixes. On trouve aussi des chevauchements et des oppositions entre les compétences provinciales, nationales et internationales. De même, il y a antagonisme entre les objectifs souvent divergents, mais également pressants, d'une mise en valeur audacieuse et rapide de ressources jugées nécessaires, d'une part, et des règles soigneusement réfléchies visant la protection du personnel et des biens dans un environnement qui comporte des dangers exceptionnels, d'autre part. Les problèmes quotidiens que posent les chevauchements ou les incertitudes à l'égard des attributions sont amplifiées en temps de crise, lorsque l'amplification du facteur risques et la difficulté de prévoir nécessitent une promptitude de réaction et une souplesse d'intervention qui sont irréalisables dans une organisation comptant un grand nombre d'éléments aux liens imprécis.

Les activités d'exploration en mer sur la côte est du Canada ont eu leur part de déboires à ce point de vue. L'APGTC se veut, au sein du système fédéral, une fenêtre ouverte sur l'industrie offshore et un organisme de coordination des activités de divers ministères. En réalité, ce n'est pas toujours le cas et il est peut-être préférable qu'il en soit ainsi. Il existe une confusion évidente à l'intérieur du système fédéral concernant les domaines de compétence. En effet, même si le rôle de chef de file de l'APGTC a été reconnu en principe, un grand nombre d'organismes secondaires traitent directement avec l'industrie offshore, sans égard à l'APGTC et, quelquefois, sans même qu'elle le sache. Cela se produit généralement dans des domaines où d'autres ministères ont toujours été et continuent d'être concernés, comme par exemple la GCC, à l'égard de la réglementation des activités côtières et maritimes, et Emploi et Immigration, dans le domaine de l'emploi.

Il est possible que la principale source de problèmes ne soit pas de connaître les attributions particulières à l'APGTC ou à un autre organisme, mais bien de savoir quel est l'organisme compétent. L'industrie offshore constate le même problème (en particulier les sociétés qui débutent dans le forage sur la côte est), lorsqu'il s'agit de déterminer les formalités à remplir pour obtenir les autorisations nécessaires et les modalités d'application des règlements en général. Les organismes et le régime de réglementation actuels sont relativement récents et les représentants de l'industrie ne semblent pas familiers avec l'organisation et les attributions des divers organismes de réglementation, ni avec les règlements mêmes. il n'existe aucune source d'information générale qui puisse fournir des renseignements à jour et définir clairement les secteurs de responsabilité, ou donner des explications sur les règlements, les directives et les lignes de conduite en vigueur. Ce manque de diffusion systématique de l'information constitue un obstacle important au fonctionnement harmonieux du système.

Un deuxième objet de préoccupation, qui est étroitement lié au précédent, est le danger de chevauchement et de conflit qui peut surgir à l'occasion entre des organismes qui partagent des domaines de responsabilités. Par exemple, on semble croire, au sein de l'industrie pétrolière, qu'il existe une certaine concurrence et des barrières de communication entre l'APGTC et la GCC. Cependant, cette situation ne constitue pas un problème sérieux. Une source de difficultés qui a déjà été constatée concerne l'inspection et la visite initiale des installations de forage. À certaines occasions, ces activités ont été mal coordonnées et des représentants du gouvernement ont agi sans tenir compte les uns des autres et sans que leurs activités ne soient harmonisées.

Un troisième problème important lié à l'organisation et à la politique en général est le conflit inhérent qui existe entre les objectifs de l'industrie offshore et ceux du gouvernement. On considère parfois que le gouvernement ne tient pas suffisamment compte des frais que représentent ses exigences pour l'industrie, ni de l'efficacité ou de la facilité de réalisation de celles-ci, ou qu'il réglemente en fonction des facteurs d'ordre politique plutôt que des besoins fondamentaux de sécurité.

À l'échelle locale toutefois, ces craintes ne semblent pas justifiées bien qu'elles soient largement répandues. Il est difficile en effet de trouver des exemples concrets de compromis politiques ayant eu, ou ayant pu avoir, une incidence négative sur la sécurité. Les organismes de réglementation semblent accorder une importance considérable, pendant leurs discussions et au moment de la prise de décisions, à l'efficacité et à la facilité d'application de leurs prescriptions et aux frais qu'elles entraînent. Un autre sujet de préoccupation pour certains représentants de l'industrie offshore est le respect du taux de participation canadienne s'appliquant à la main-d'oeuvre et à l'équipement. Bien que certains prétendent que cette politique pourrait avoir une incidence négative sur les conditions de sécurité, cette affirmation n'a pu être vérifiée.

Le degré de participation de l'industrie pétrolière au processus de réglementation pose toutefois un problème. On constate en effet que parmi le personnel occupant des postes supérieurs à l'APGTC et dans des ministères chargés de contrôler la mise en valeur des ressources pétrolières en mer, très peu des titulaires possèdent une expérience pratique de l'industrie offshore. Des facteurs tels que l'utilisation de technologies de pointe nécessitant une mise à jour continuelle des connaissances techniques et la concurrence au sein même de l'industrie offshore pour l'embauchage de personnes compétentes, constituent pour les organismes de réglementation, des obstacles à la formation d'équipes efficaces et hautement qualifiées. Les pressions exercées pour que ces organismes appliquent une stratégie de mise en valeur dynamique et l'adaptation aux nombreux changements au sein de l'organisation – inévitables dans une entreprise nouvelle qui évolue rapidement et qui doit maintenir des critères élevés de qualité en matière de réglementation – rendent la situation encore plus difficile sur la côte est du Canada. La conjugaison de tous ces facteurs rendent la tâche d'autant plus complexe et exigeante (de là les compétences nécessaires pour bien s'en acquitter).

En général, les organismes de réglementation étudiés ont fait en sorte d'accroître le savoir-faire et la compétence globale de leurs éléments. Cependant, le besoin d'un plus grand apport du milieu industriel parmi le personnel affecté à la réglementation – en particulier le personnel cadre – est manifeste. Pour que les organismes de réglementation puissent s'assurer de cet apport sans encourir les coûts prohibitifs d'un personnel occupant des postes supérieurs à plein temps, ils pourraient faire appel aux connaissances et aux compétences d'administrateurs du milieu industriel qui sont à la retraite et qui agiraient à titre de consultants ou travailleraient à temps partiel.

Il n'y a pas non plus de mécanime formel pour permettre à l'industrie offshore de faire connaître son point de vue aux autorités compétentes et de s'assurer que ses buts sont pris en considération de façon systématique et constante. L'élaboration des règlements est l'une des activités où cet apport est particulièrement déficient. Des équipes affectées à la réglementation ont pris l'habitude de diffuser les projets de règlements parmi les représentants de l'industrie et de leur demander leur opinion dans le but de les consulter et de mettre leurs conseils en pratique. Ces consultations sont toutefois informelles et il n'existe pas de méthode systématique pour que l'industrie offshore participe dès le début à l'élaboration d'un règlement donné. On ne sait pas non plus dans quelle mesure les commentaires des représentants de l'industrie sont étudiés et intégrés aux décisions finales.

De même, il n'existe pas de mécanisme formel pour permettre à des comités de travailleurs de rencontrer les autorités compétentes et de faire des recommandations concernant des règlements généraux ou spécifiques sur la sécurité. Comme les travailleurs connaissent très bien les risques existants, en particulier ceux liés au travail même ou au lieu de travail, leur participation est considérée comme étant un atout important.

Les formalités relatives à l'autorisation de forage revêtent une grande impor-

tance pour tout organisme de réglementation des activités de mise en valeur des ressources pétrolières. Lorsqu'une autorisation de forage est accordée, on suppose que toutes les exigences du gouvernement ont été respectées. Le système de réglementation s'appliquant à la côte est du Canada semble comporter des faiblesses à cet égard. En effet, il n'y a aucune méthode de ratification formelle pour assurer que les analyses et les évaluations effectuées ont toutes la même valeur. Pour cette raison, les autorisations accordées ne sont pas aussi tranchées qu'elles devraient l'être, et il est même arrivé que des exploitants ont eu à se conformer à de nouvelles prescriptions après qu'on leur eut accordé l'autorisation de forage.

Autre exemple d'équivoque en matière de réglementation: le fait qu'il ne semble pas exister de méthode officielle d'approbation de l'équipement de sauvetage. Il y a parfois des doutes, à savoir si l'équipement d'installations de forage battant pavillon étranger est conforme aux règlements, et ces doutes peuvent persister pendant un certain temps avant qu'une décision ne soit rendue.

Les organismes de réglementation émettent des directives, des lignes directrices et des normes, et bien souvent, il est difficile de déterminer s'il s'agit de consignes impératives ou non. Les organismes de réglementation fédéraux connaissent relativement bien le système: les directives touchent des problèmes spécifiques relatifs à la sécurité et il faut s'y conformer pour observer les règlements; les lignes directrices sont des recueils de directives et de consignes de sécurité et les normes ne sont pas impératives. Le problème se pose surtout pour l'industrie offshore qui a de la difficulté à discerner le degré d'obligation de certaines de ces règles. Dans l'ensemble, aucune définition n'établit le caractère juridique de chacune.

Dans tout régime de réglementation, il est important que les directives et lignes directrices de même que les règlements soient appliquées de manière impartiale et uniforme. Il est arrivé que des membres du personnel d'organismes de réglementation communiquent avec l'industrie offshore pour s'informer si des mesures avaient été prises ou prévues, même si les limites précisées dans les lignes directrices n'avaient pas encore été atteintes. Ce genre de démarche prématurée peut ne pas avoir de conséquences négatives graves sur les conditions de sécurité. Néanmoins, cette attitude engendre un climat de doute dans les milieux de l'industrie offshore, parce que les organismes de réglementation ne semblent pas avoir confiance dans les limites qu'ils ont établies ou dans la capacité de l'industrie offshore à réagir de façon adéquate lorsque ces limites sont atteintes.

Toutes les inspections par les organismes de réglementation doivent être également impartiales et uniformes. L'inspection de la capacité sous pression et des dispositifs d'élévation semble faire l'objet de chevauchements et de conflits de réglementation. Ces inspections ont toujours été effectuées par des inspecteurs formés à cette fin, qui représentent les ministères provinciaux du Travail et de la Main-d'oeuvre. Dans le cas des navires, ce type d'équipement fait en outre l'objet d'inspections de la part de sociétés de classification et de la Garde côtière canadienne. En milieu maritime, les conditions requises et les méthodes d'inspection diffèrent souvent.

Il est ressorti d'un examen général de la réglementation en matière de sécurité appliquée par les organismes étudiés qu'il y a lieu de s'attarder à certains domaines spécifiques. Bien que, pour des raisons pratiques, la sécurité de l'environnement et la sécurité du personnel soient confiées à la même autorité compétente, la révision et la mise en application des plans d'urgence doivent faire l'objet d'un examen attentif qu'il n'existe pas de conflits de priorités entre ces divers aspects de la sécurité, dans l'ordre de succession proposé des mesures à prendre.

Bien que la plupart des aspects relatifs aux hélicoptères soient bien réglementés, il semble exister une certaine confusion concernant les hélisurfaces et la répartition des responsabilités entre Transports Canada et l'APGTC. La rigueur

avec laquelle la réglementation relative aux installations de forage est appliquée varie en fonction du pays d'immatriculation. Les plates-fromes battant pavillon canadien font l'objet d'un contrôle plus strict que celles battant pavillon étranger et qui relèvent de la GCC. Par conséquent, deux plates-formes situées à proximité pourraient ne pas faire l'objet d'un même examen rigoureux des conditions de sécurité. Bien que cela ne signifie pas nécessairement que les plates-formes étrangères soient moins sûres que les plates-formes canadiennes, une telle situation révèle une faiblesse fondamentale de notre régime de réglementation actuel.

On a examiné la possibilité que toutes les installations de forage soient inspectées par la GCC. Le principal atout de la GCC découle de sa longue expérience de l'industrie maritime. Il est donc naturel que la GCC traite les installations de forage semi-submersibles comme s'il s'agissait d'un autre type de navire, et dans l'ensemble, cette façon de faire est judicieuse. Cependant, il existe des différences suffisamment importantes de conception, de construction et de fonctionnement entre les plates-formes semi-submersibles et les navires pour que des mesures bien particulières soient prises. La GCC, tout comme l'APGTC, aurait avantage à intégrer parmi son personnel des experts provenant du milieu industriel, en particulier pour les fonctions d'inspection.

■ *CONCLUSIONS* La réglementation concernant la sécurité des activités de forage en mer est une nécessité reconnue. Il est essentiel que le programme d'activités de chaque exploitant soit examiné de près par un organisme de réglementation, afin de déterminer si cet exploitant est en mesure de réaliser son programme en toute sécurité et s'il connaît bien tous les écueils possibles.

En général, la réglementation du forage comme tel semble satisfaisante. Les difficultés d'organisation et de gestion semblent se poser plutôt pour les activités connexes au forage, c'est-à-dire la sécurité des installations et les services de soutien aériens et maritimes. Cela est dû en grande partie au fait que, jusqu'à tout récemment, on s'était très peu attardé à ces aspects.

Afin d'améliorer la gestion globale du processus de réglementation, il y aurait lieu de préciser les responsabilités de l'organisme principal (l'APGTC) par rapport aux activités des autres organismes, et de définir clairement la manière dont le régime fédéral de réglementation fonctionne. Un effort concerté devrait être fait pour guider l'industrie offshore dans les formalités à remplir pour obtenir les autorisations nécessaires et se conformer aux règlements. En outre, un système officiel de ratification devrait être établi pour veiller à ce que les analyses et les inspections préalables aux autorisations soient uniformes et complètes. L'autorité juridique des directives, des lignes directrices et des normes devrait être définie et diffusée. Une méthode d'élaboration, de promulgation, de révision et d'amendement des règlements devrait être établie et toutes les parties concernées devraient en être informées.

Une plus grande participation du milieu industriel au processus de réglementation devrait également améliorer la situation. Il faudrait solliciter l'apport des milieux industriels dès les débuts de l'élaboration des règlements, et des mécanismes formels devraient être créés pour que des comités de travailleurs participent à la réglementation de la sécurité.

La connaissance de l'industrie pétrolière offshore devrait être une condition préalable importante pour occuper un poste de décision aux échelons supérieurs de l'APGTC. Les titulaires de ces postes devraient être encouragés à accroître leur bagage de connaissances en faisant appel à des collègues et des subalternes versés dans les domaines techniques, et à se perfectioner chaque fois que cela est possible, en particulier dans le domaine des technologies nouvelles liées aux activités pétrolières. Pour le recrutement et la formation du personnel chargé des inspections, l'APGTC et la GCC devraient en outre mettre l'accent sur les connaissances techniques et l'expérience dans les milieux de l'industrie offshore.

APPENDICES

APPENDICE A

PARTICIPANTS AU SÉMINAIRE SUR L'ANALYSE DES RISQUES

Toronto, Ontario
2 mai 1984

M. Henrik Aid
Ingénieur principal, sécurité
Götaverken Arendal
Göteborg, Suède

M. Frank Bercha
Président
F.G. Bercha & Associates Limited
Calgary, Alberta

M. Ian Jordaan
Chef
Groupe de la recherche et du développement
Det norske Veritas (Canada) Limited
Calgary, Alberta

M. Frank King
Ingénieur-concepteur en chef
Département de la sécurité et des études nucléaires
Hydro-Ontario
Toronto, Ontario

M. Vijay M. Raina
Expert-concepteur principal
Département de la sécurité et des études nucléaires
Hydro-Ontario
Toronto, Ontario

M. Ernest Siddall
Conseiller principal auprès du vice-président et ingénieur en chef
Opérations CANDU
Division du développement et de la conception technique
Énergie atomique du Canada Limitée
Toronto, Ontario

M. Walter Stromquist
Associé principal
Daniel H. Wagner Associates
Paoli, Pennsylvanie, É.-U.

M. Olaf Thuestad
Ingénieur principal
Département du contrôle de la sécurité
Norwegian Petroleum Directorate
Stavanger, Norvège

APPENDICE B

PARTICIPANTS AU SÉMINAIRE SUR L'ENVIRONNEMENT

Saint-Jean, Terre-Neuve
27 et 28 juin 1984

M. William S. Appleby
Chef
Opérations-prévisions
Région de l'Atlantique
Service de l'environnement atmosphérique
Bedford, Nouvelle-Écosse

M. William F. Baird
Président
W.F. Baird & Associates
Coastal Engineers Limited
Ottawa, Ontario

M. Ian Borthwick
Conseiller principal en environnement
Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada
Saint-Jean, Terre-Neuve

M. Joseph R. Buckley
Océanographe physique
Petro-Canada Ressources
Calgary, Alberta

M. Donald Champ
Directeur
Centre des glaces
Direction des services centraux
Service de l'environnement atmosphérique
Downsview, Ontario

M. Laurie Davidson
Président
Seaconsult Limited
Saint-Jean, Terre-Neuve

M. Byron R. Dawe
Ingénieur principal
NORDCO Limited
Saint-Jean, Terre-Neuve

M. Frank Dello Stritto
Ingénieur océanologue
(au nom de M.M. L. Schoenthaler/J. Benoit)
Mobil Oil Canada Limited
Saint-Jean, Terre-Neuve

M^me^ Deborah Diemand
Chercheuse
(au nom de M. J. Clarke)
Centre for Cold Ocean Resources Engineering
Université Memorial de Terre-Neuve
Saint-Jean, Terre-Neuve

M. Gordon Fader
Physicien
Centre géoscientifique de l'Atlantique
Énergie, Mines et Ressources Canada
Dartmouth, Nouvelle-Écosse

M. William Ford
Océanographe
Halifax, Nouvelle-Écosse

M. Donald O. Hodgins
Président
Seaconsult Marine Research Limited
Vancouver, Colombie-Britannique

M. Greg Lever
Gestionnaire des services de soutien
Petro-Canada Ressources
Calgary, Alberta

M. Jim Lever
Faculté du génie et des sciences appliquées
Université Memorial de Terre-Neuve
Saint-Jean, Terre-Neuve

M. Lewis G. Long
Ingénieur principal
Mobil Research and Development
Dallas, Texas, É-U.

M. Clive S. Mason
Chef
Océanographie côtière
Laboratoire océanographique de l'Atlantique
Sciences océanographiques et relevés
Pêches et Océans Canada
Dartmouth, Nouvelle-Écosse

M. Geoff Meyerhof
Professeur émérite de génie civil
Technical University of Nova Scotia
Halifax, Nouvelle-Écosse

M. John Miller
Superviseur de l'environnement
Recherche en régions pionnières
Petro-Canada Ressources
Calgary, Alberta

M. David Mudry
Chef
Climatologie des glaces et applications
Centre des glaces
Direction générale des services centraux
Services de l'environnement atmosphérique
Ottawa, Ontario

M. Derek Muggeridge
Président
Groupe de recherche en techniques océaniques
Faculté du génie et des sciences appliquées
Université Memorial de Terre-Neuve
Saint-Jean, Terre-Neuve

M. Langley Muir
Océanographe principal
Protection de l'environnement
Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada
Ottawa, Ontario

M. Oleh Mycyk
Météorologue principal du milieu marin
Protection de l'environnement
Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada
Ottawa, Ontario

M. John Newell
Climatologue
NORDCO Limited
Saint-Jean, Terre-Neuve

M. Chris Noll
Gestionnaire
Techniques océaniques
Direction générale du pétrole de Terre-Neuve et du Labrador
Saint-Jean, Terre-Neuve

M. Ken Oakley
Directeur régional
Association pétrolière du Canada
Division des exploitants offshore
Saint-Jean, Terre-Neuve

M. A. Desmond O'Neill
Directeur régional
Région de l'Atlantique
Direction générale des services extérieurs
Service de l'environnement atmosphérique
Bedford, Nouvelle-Écosse

M. William Perrie
Scientifique chargé de recherches
Laboratoire océanographique de l'Atlantique
Sciences océanographiques et relevés
Pêches et Océans Canada
Dartmouth, Nouvelle-Écosse

M. Brian Petrie
Scientifique charge de recherches
Laboratoire océanographique de l'Atlantique
Sciences océanographiques et relevés
Pêches et Océans Canada
Dartmouth, Nouvelle-Écosse

M. Charles Power
Conseiller en environnement
Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada
Halifax, Nouvelle-Écosse

M. Jim Ransom
Coordonnateur-environnement
Mobil Oil Canada Limited
Saint-Jean, Terre-Neuve

M. G. Ken Sato
Directeur
Écologie physique
Protection de l'environnement
Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada
Ottawa, Ontario

M. Stu Smith
Scientifique chargé de recherches
Laboratoire océanographique de l'Atlantique
Sciences océanographiques et relevés
Pêches et Océans Canada
Dartmouth, Nouvelle-Écosse

M. S. Wayne Speller
Gestionnaire
Évaluation des répercussions (offshore)
Affaires sociales et environnementales
Petro-Canada Ressources
Calgary, Alberta

M. Roger Stacey
Directeur des techniques océaniques
NORDCO Limited
Saint-Jean, Terre-Neuve

M. Val R. Swail
Chef
Unité des applications marines
Centre climatique canadien
Service de l'environnement atmosphérique
Downsview, Ontario

M. Brian B. Taylor
Ingénieur
Jacques, Whitford & Associates Limited
Halifax, Nouvelle-Écosse

M. William C. Thompson
Météoroloque principal
Petro-Canada Ressources
Calgary, Alberta

M. George P. Vance
Conseiller technique
Projets de la côte est
Mobil Oil Canada Limited
Toronto, Ontario

M. Greg Warbanski
Coordonnateur – environnement
Husky/Bow Valley East Coast Project
Saint-Jean, Terre-Neuve

M. J. Ronald Wilson
Directeur
Service des données sur le milieu marin
Pêches et Océans Canada
Ottawa, Ontario

ABSENTS

M. Ken R. Croasdale
Président
K.R. Croasdale Associates
Calgary, Alberta

M. Gordon Gosse
Sous-ministre adjoint
Gestion des ressources pétrolières
Direction générale du pétrole de
Terre-Neuve et du Labrador
Saint-Jean, Terre-Neuve

Mme Linda D. Mortsch
Climatologue de l'énergie offshore
Centre climatique canadien
Service de l'environnement atmosphérique
Downsview, Ontario

APPENDICE C

PARTICIPANTS AU SÉMINAIRE SUR LES ESSAIS SUR MODÈLE

Toronto, Ontario
14 décembre 1983

M. Per Brevig
Ingénieur-chercheur
Norwegian Hydrodynamic Laboratories
Trondheim, Norvège

M. Chengi Kuo
Département de la technologie navale et marine
University of Strathclyde
Glasgow, Écosse

M. William Martinovich
Vice-président exécutif
Earl & Wright Consulting Engineers
San Francisco, Californie, É.-U.

M. Geoff Mogridge
Agent de recherche associé
Conseil national de recherches
Ottawa, Ontario

M. Derek Muggeridge
Président
Groupe de recherche en techniques océaniques
Faculté du génie et des sciences appliquées
Université Memorial de Terre-Neuve
Saint-Jean, Terre-Neuve

ABSENT:

M. Thor Haavie
Directeur général
Génie sous-marin
Aberdeenshire, Écosse

APPENDICE D

PARTICIPANTS AU SÉMINAIRE SUR LA GESTION DE LA SÉCURITÉ

Saint-Jean, Terre-Neuve
17 septembre 1984

M. Jim Anderson
Gestionnaire régional
Sécurité des navires
Garde côtière canadienne
Saint-Jean, Terre-Neuve

M. Jack Bedggood
Conseiller en santé et sécurité au travail
Du Pont Canada Inc.
Mississauga, Ontario

M. Joe Bryant
Gestionnaire, *SEDCO 710*
SEDPEX, Inc.
Saint-Jean, Terre-Neuve

M. Al Cobb
Directeur général
Région de Terre-Neuve
Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada
Saint-Jean, Terre-Neuve

M. Burt Crawford
Directeur des ressources humaines
SONAT Offshore Drilling
Houston, Texas, É.-U.

M. Graham Curran
Gestionnaire du personnel
Crosbie Offshore Services
Saint-Jean, Terre-Neuve

M. Gordon Gosse
Sous-ministre adjoint
Gestion des ressources pétrolières
Direction générale du pétrole de Terre-Neuve et du Labrador
Saint-Jean, Terre-Neuve

M. John Gow
Directeur
Prévention des sinistres et sécurité
Mobil Oil Canada Limited
Toronto, Ontario

M. Ron Harris
Ingénieur d'études principal
Husky/Bow Valley
Calgary, Alberta

M. Al Kettles
Superviseur
Prévention des sinistres
Husky/Bow Valley
Calgary, Alberta

M. Joe Kondics
Conseiller en développement de l'emploi
Esso Resources Canada Limited
Calgary, Alberta

M. Robert Langdon
Sous-ministre adjoint
Santé et sécurité au travail
Ministère du Travail et de la Main-d'œuvre
Saint-Jean, Terre-Neuve

M. Scott Little
Représentant – Prévention des accidents
Shell Canada Resources Limited
Dartmouth, Nouvelle-Écosse

M. Tom Murray
Représentant – Sécurité et prévention des sinistres
Husky/Bow Valley
Calgary, Alberta

M. Larry Norman
Directeur de chantier
Du Pont Canada Inc.
Kingston, Ontario

M. Ken Oakley
Directeur régional
Association pétrolière du Canada
Division des exploitants offshore
Saint-Jean, Terre-Neuve

M. Peter Poland
Gestionnaire
Services de sécurité pour le forage
Petro-Canada Ressources
Calgary, Alberta

M. Jim Riley
Conseiller principal en génie
Direction générale du génie
Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada
Halifax, Nouvelle-Écosse

M. Rick Smith
Gestionnaire régional
Bow Valley Offshore
Halifax, Nouvelle-Écosse

M. Rob Strong
Vice-président
Crosbie Offshore Services
Saint-Jean, Terre-Neuve

M. Jim Turnage
Directeur de la sécurité
Worldwide Safety Program
SEDCO Inc.
Dallas, Texas, É.-U.

M. Lejeune Wilson
Vice-président
Personnel et formation
SEDCO Inc.
Dallas, Texas, É.-U.

M. Bob Wright
Ancien gestionnaire
Gestion des sinistres
Gulf Canada Limited
Tsawwassen, Colombie-Britannique

M. Colin Young
Vice-président
Relations avec les employés et le public
Du Pont Canada Inc.
Mississauga, Ontario

ABSENTS:

M. Harvey Morton
Président
Canadian Association of Offshore Drilling Contractors
a/s SONAT Offshore Canada Limited
Saint-Jean, Terre-Neuve

M. John O'Brien
Président
Canadian Offshore Vessel Operators Association
a/s Husky Marine Services
Saint-Jean, Terre-Neuve

APPENDICE E

PARTICIPANTS AU SÉMINAIRE SUR LA FORMATION OFFSHORE

Saint-Jean, Terre-Neuve
24 septembre 1984

M. Al Anderson
Directeur exécutif
Petroleum Industry Training Service
Calgary, Alberta

M. Jim Anderson
Gestionnaire régional
Sécurité des navires
Garde- côtière canadienne
Saint-Jean, Terre-Neuve

M. Albert Bohemier
Président
Survival Systems Limited
Halifax, Nouvelle-Écosse

M. Leo Brandon
Directeur général
Direction générale du génie
Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada
Ottawa, Ontario

M. Joe Bryant
Gestionnaire, SEDCO 710
SEDPEX, Inc.
Saint-Jean, Terre-Neuve

M. Al Cobb
Directeur général
Région de Terre-Neuve
Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada
Saint-Jean, Terre-Neuve

M. Roy Fodchuk
Vice-président
Comité de formation
Association pétrolière du Canada
a/s Shell Canada Resources Limited
Halifax, Nouvelle-Écosse

M. John Fitzgerald
Directeur exécutif
Direction générale du pétrole de Terre-Neuve et du Labrador
Saint-Jean, Terre-Neuve

Major Keith Gathercole
Cammandant d'unité, 103e unité de sauvetage
Recherche et sauvetage
Base des Forces canadiennes
Gander, Terre-Neuve

M. Wayne Green
Sous-ministre adjoint du Travail
Ministère du Travail et de la Main-d'œuvre
Saint-Jean, Terre-Neuve

M. Bob Ireland
Président
Helicopter Training & Rescue Services Limited
Dartmouth, Nouvelle-Écosse

M. Tom Landers
Inspecteur du forage
Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada
Halifax, Nouvelle-Écosse

M. Graham Langley
Gestionnaire – section maritime
Division offshore
Petroleum Industry Training Service
Halifax, Nouvelle-Écosse

M. Fred Leafloor
Coordonnateur
Formation et sécurité maritime
Husky/Bow Valley
Saint-Jean, Terre-Neuve

Capitaine George Legge
Gestionnaire régional
Recherche et sauvetage
Garde côtière canadienne
Saint-Jean, Terre-Neuve

M. Ken Oakley
Directeur régional
Association pétrolière du Canada
Division des exploitants offshore
Saint-Jean, Terre-Neuve

M. Leslie O'Reilly
Vice-président
College of Fisheries, Navigation, Marine Engineering & Electronics
Saint-Jean, Terre-Neuve

M. Cecil Roebothan
Sous-ministre
Ministère de l'Éducation
Saint-Jean, Terre-Neuve

M. Rod Stright
Gestionnaire régional
Recherche et sauvetage
Garde côtière canadienne
Dartmouth, Nouvelle-Écosse

M. Keith Whalen
Capitaine d'entrainement
Sealand Helicopters Limited
Saint-Jean, Terre-Neuve

ABSENTS:

M. Harvey Morton
Président
Canadian Association of Offshore Drilling Contractors
a/s SONAT Offshore Canada Limited
Saint-Jean, Terre-Neuve

M. John O'Brien
Président
Canadian Offshore Vessel Operators Association
a/s Husky Marine Services
Saint-Jean, Terre-Neuve

APPENDICE F

PARTICIPANTS AU SÉMINAIRE SUR LA SANTÉ AU TRAVAIL

Saint-Jean, Terre-Neuve
26-27 juin 1984

Mme Irene Baird
Sous-ministre adjointe
Politique et planification
Direction générale du pétrole de
Terre-Neuve et du Labrador
Saint-Jean, Terre-Neuve

M. C. Raymond Barrett
Président
College of Fisheries, Navigation, Marine
Engineering & Electronics
Saint-Jean, Terre-Neuve

Dr Robert B. Bartlett
Médecin de garde
Département des urgences
The General Hospital
Saint-Jean, Terre-Neuve

M. Maxwell Bursey
Directeur exécutif des Services
d'indemnisation
Commission des accidents du travail
Saint-Jean, Terre-Neuve

Adjudant Gerald O. Busch
Chef technicien SAR
103e unité de sauvetage
Base des Forces canadiennes
Gander, Terre-Neuve

Dr Desmond Colohan
Président
Département de la médecine d'urgence
The General Hospital
Saint-Jean, Terre-Neuve

Dr William J. Connelly
Conseiller médical
Division des services d'urgence
Direction générale des services médicaux
Santé et Bien-être social Canada
Ottawa, Ontario

Dr Graham Cook
Directeur des services médicaux
Commission des accidents du travail
Saint-Jean, Terre-Neuve

Dr John Cowell
Vice-président
Santé et sécurité au travail
NOVA, An Alberta Corporation
Calgary, Alberta

Dr Albert R. Cox
Doyen
Faculté de médecine
Université Memorial de Terre-Neuve
Saint-Jean, Terre-Neuve

Dr Diane Dahlman
Directeur des services médicaux
Région de l'Ouest
Imperial Oil Limited
Calgary, Alberta

M. Gordon Dunn
Gestionnaire, Toxicologie
Hygiène du milieu et santé au travail
NOVA, An Alberta Corporation
Calgary, Alberta

M. John Fitzgerald
Directeur exécutif
Direction générale du pétrole de
Terre-Neuve et du Labrador
Saint-Jean, Terre-Neuve

Major Keith Gathercole
Commandant d'unité, 103e unité de
sauvetage
Recherche et sauvetage
Base des Forces canadiennes
Gander, Terre-Neuve

M. Gordon Gosse
Sous-ministre adjoint
Gestion des ressources pétrolières
Direction générale du pétrole de
Terre-Neuve et du Labrador
Saint-Jean, Terre-Neuve

Dr William R. Grisdale
Directeur médical de clinique
NOVA, An Alberta Corporation
Calgary, Alberta

Dr N. Harv Haakonson
Directeur médical de la société
Petro-Canada Ressources
Calgary, Alberta

M. Ron Harris
Ingénieur d'études principal
Husky/Bow Valley East Coast Project
Saint-Jean, Terre-Neuve

M. John Hearn
Directeur général adjoint
The General Hospital
Saint-Jean, Terre-Neuve

M. John Herbin
Directeur de la prévention des accidents
Commission des accidents du travail
Halifax, Nouvelle-Écosse

Dr James Holland
Professeur agrégé
Département de la physiologie et de la
biophysique
Faculté de médecine
Université Dalhousie
Halifax, Nouvelle-Écosse

Dr A. Maxwell House
Directeur de MEDICOR
Faculté de médecine
Université Memorial de Terre-Neuve
Saint-Jean, Terre-Neuve

M. Douglas House
Directeur de la recherche
Institut de la recherche économique et
sociale
Université Memorial de Terre-Neuve
Saint-Jean, Terre-Neuve

Dr Ben N. Kightlinger
Directeur médical adjoint de
la société
Mobil Oil Corporation
New York, New York, É.-U.

Dr John Kirkbride
Directeur
Unité d'hygiène au travail
Santé et Bien-être social Canada
Ottawa, Ontario

M. Edward P. Lannon
Inspecteur du forage
Administration du pétrole et du gaz des
terres du Canada
Saint-Jean, Terre-Neuve

Capitaine George Legge
Gestionnaire régional
Recherche et sauvetage
Garde côtière canadienne, Transports
Canada
Saint-Jean, Terre-Neuve

M. Scott Little
Représentant – prévention des accidents
Shell Canada Resources Limited
Dartmouth, Nouvelle-Écosse

Mme Charlotte MacDonald
Infirmière – santé au travail
Centre de la santé au travail
Shell Canada Resources Limited
Calgary, Alberta

Dr Henry Manson
Directeur adjoint de MEDICOR
Faculté de médecine
Université Memorial de Terre-Neuve
Saint-Jean, Terre-Neuve

Dr John R. Martin
Directeur de la médecine en milieu nordique
Faculté de médecine
Université Memorial de Terre-Neuve
Saint-Jean, Terre-Neuve

Dr Jan Merta
Ingénieur en systèmes de plongée
Administration du pétrole et du gaz des
terres du Canada
Ottawa, Ontario

Mme Joan Mills
Directrice exécutive
Association of Registered Nurses
of Nova Scotia
Halifax, Nouvelle-Écosse

Dr Robert M. Mowbray
Doyen associé
Administration et affaires étudiantes
Faculté de médecine
Université Memorial de Terre-Neuve
Saint-Jean, Terre-Neuve

M. Gerald Neary
Gestionnaire
Santé et sécurité au travail
Unité de l'inspection
Division de la santé et de la sécurité
au travail
Ministère du Travail et de la Main-d'œuvre
Saint-Jean, Terre-Neuve

M. Kenneth Oakley
Directeur régional
Association pétrolière du Canada
Division des exploitants offshore
Saint-Jean, Terre-Neuve

Dr Wayne O'Brien
Psysicien de la compagnie
Mobil Oil Canada Limited
Saint-Jean, Terre-Neuve

M. Leslie O'Reilly
Vice-président
College of Fisheries, Navigation, Marine Engineering & Electronics
Saint-Jean, Terre-Neuve

M. John Parsons
Consultant – Opérations offshore
Direction générale du pétrole de Terre-Neuve et du Labrador
Saint-Jean, Terre-Neuve

Dr Vinod Patel
Médecin principal de garde
Département des urgences
The General Hospital
Saint-Jean, Terre-Neuve

Mme Charlene Peckham
Analyste de systèmes
Division de la santé et de la sécurité au travail
Ministère du Travail et de la Main-d'œuvre
Saint-Jean, Terre-Neuve

Dr Carl Robbins
Directeur médical
The General Hospital
Saint-Jean, Terre-Neuve

Mme Violet Ruelokke
Directrice exécutive
Association of Registered Nurses of Newfoundland
Saint-Jean, Terre-Neuve

M. David Russell
Inspecteur offshore
Division de la santé et de la sécurité au travail
Ministère du Travail et de la Main-d'œuvre
Saint-Jean, Terre-Neuve

M. Tom Russell
Aide médical de plongée
Consumers' Gas Company Limited
London, Ontario

Dr Ian Rusted
Vice-président
Sciences de la santé et écoles professionnelles
Université Memorial de Terre-Neuve
Saint-Jean, Terre-Neuve

Mme Monique Rutkus
Chef intérimaire
Division de la recherche et de l'élaboration de programmes
Direction générale de la sécurité et de l'hygiène au travail
Travail Canada
Ottawa, Ontario

M. Neil Ryan
Coordonnateur, sécurité et prévention des sinistres
Mobil Oil Canada Limited
Saint-Jean, Terre-Neuve

M. John Sanderson
Gestionnaire
Hygiène et sécurité
NOVA, An Alberta Corporation
Calgary, Alberta

M. Harold Snyder
Professeur
Faculté du génie et des sciences appliquées
Université Memorial de Terre-Neuve
Saint-Jean, Terre-Neuve

Dr Arne Sunde*
Médecin en chef
Norwegian Directorate of Health
Division offshore
Stavanger, Norvège

M. Grant Thompson
Ingénieur – liaisons nordiques
Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada
Ottawa, Ontario

Mme Glenys Whelan
Aide médicale de plate-forme, *Vinland*
SDS Drilling
Halifax, Nouvelle-Écosse

Dr Caroline White
Directeur
Faculté de sciences infirmières
Université Memorial de Terre-Neuve
Saint-Jean, Terre-Neuve

Dr Robert J. Williams
Sous-ministre associé de la Santé
Minsitère de la Santé
Saint-Jean, Terre-Neuve

M. Mike F. Williamson
Président
Craigmore Offshore Limited
Halifax, Nouvelle-Écosse

M. Robert Wright
Gestionnaire
Gestion des sinistres
Gulf Canada
Toronto, Ontario

* Participation par téléconférence

Les photographies avec
la permission de:

Götaverken Arendal/
von Tell Nikoverken AB
Mobil Oil Canada Ltée
Pétro-Canada
Personnel de la Commission
royale

Ce livre est composé en Helvetica avec titres en Times Roman. Conception par Dougal Dunbar.